**ALAN DA SILVA ESTEVES**

# GERENCIAMENTO DE RISCOS DE PROCESSO EM PLANTAS DE PETROQUÍMICOS BÁSICOS - UMA PROPOSTA DE METODOLOGIA ESTRUTURADA

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Sistemas de Gestão da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Sistemas de Gestão. Área de Concentração: **Sistema de Gestão de Segurança do Trabalho**.

Orientador: Prof. Gilson Brito Alves Lima, D. Sc.

NITERÓI

2004

**ALAN DA SILVA ESTEVES**

# GERENCIAMENTO DE RISCOS DE PROCESSO EM PLANTAS DE PETROQUÍMICOS BÁSICOS - UMA PROPOSTA DE METODOLOGIA ESTRUTURADA

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Sistemas de Gestão da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Sistemas de Gestão. Área de Concentração: **Sistemas de Gestão de Segurança do Trabalho**

Aprovada em 14 de julho de 2004.

BANCA EXAMINADORA

______________________________________________

Prof. Gilson Brito Alves Lima, DSc.
Universidade Federal Fluminense - UFF

______________________________________________

Prof. Sergio Pinto Amaral, DSc.
Universidade Federal Fluminense - UFF

______________________________________________

Prof. Edison Castro Prates Lima, DSc.
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

______________________________________________

Eng. Luiz Fernando Seixas Oliveira, PhD
DNV PRINCIPIA

Niterói
2004

## DEDICATÓRIA

A meus Pais, Manoel e Resoleta, *in memoriam*, pelo legado e exemplos de honra, integridade, ética, trabalho e perseverança, valores que me passaram e que aprendi a praticar por toda minha vida.

À minha família, sustentáculo de toda a minha paz.

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, acima de tudo;

A PETROBRAS e ao LATEC/UFF, dois Núcleos de excelência e competência, pela oportunidade que me foi concedida na busca pelo conhecimento e melhoria contínua profissional e pessoal, para poder servir melhor ao Brasil e à Sociedade;

Ao Professor GILSON BRITO ALVES LIMA, DSc, da UFF, meu **Orientador**, por sua paciência, presença, estímulo, sinergia profissional e amizade que se solidificaram ao longo de nosso convívio;

Ao Professor LUIZ FERNANDO SEIXAS OLIVEIRA, PhD, da DNV PRINCIPIA, respeitado por seu reconhecido saber, meu primeiro Mestre de Análise de Riscos e pelo incentivo;

Ao Professor EDISON CASTRO PRATES DE LIMA, DSc, da UFRJ, e ao Professor SERGIO PINTO AMARAL, DSc, da UFF e da PETROBRAS, que me incentivam a prosseguir com meus estudos rumo ao Doutorado;

Ao Professor FERNANDO BRASIL JOSÉ DE SOUZA, MSc, da Empresa FERNANDO BRASIL Engenharia de Segurança Ltda., na qualidade de Especialista e Consultor de Segurança do Trabalho e Riscos, avalizando a aplicabilidade prática deste trabalho nas empresas;

Ao Professor MOACYR DUARTE DE SOUZA JUNIOR, DSc, da UFRJ, referencial renomado na especialidade de Riscos e Emergências, por seus comentários e sugestões, sempre pertinentes;

Ao Engenheiro NILDEMAR CORREA RUELLA, da PETROBRAS/RPBC, pela sua pesquisa dedicada e pelas informações valiosas, que ajudaram a muitos colegas do Mestrado da UFF;

Às pessoas queridas, parentes, amigos e colegas, todos enfim, pela tolerância, ajuda e incentivo.

*“Tempora mutantur, nos fecit et mutamur in illis”*
**(Harrison, 1517)**

# RESUMO

Freqüentemente o gerenciamento de riscos de processo é visto como algo reativo, pior ainda, não responsivo. Trata-se de uma visão equivocada. Os sistemas de gerenciamento de riscos de processo até hoje concebidos, desde do início dos anos ’90, independentemente da chancela, da estrutura, do matiz, da escola - seja ela holandesa, americana, inglesa, canadense, italiana, australiana, indiana, latino-americana, brasileira, todas, enfim, têm um traço comum: trabalhar com metodologias e métodos pró-ativos e estruturados em relação a ameaças e oportunidades, tendo como fulcro uma clara compreensão da poderosa natureza dos enfoques sistêmico, qualitativo e quantitativo da gestão de riscos. O presente trabalho tem como objetivo precípuo apresentar uma proposta de metodologia estruturada de como estabelecer ações de identificação, análise, avaliação, reflexão, mensuração, tratamento, monitoramento e gerenciamento dos riscos de processo em plantas de processamento de produtos petroquímicos básicos em todos os estágios do ciclo de vida dessas instalações, permeado por atividades, processos e a própria organização. Esta proposta de metodologia está fundamentada na melhores práticas internacionais desse mister e em referenciais consagrados, como por exemplo, CFR 29 OSHA 1910.119, Diretrizes do CCPS/AIChE, e no tocante especificamente a riscos de processamento de fluidos da indústria petroquímica, a API RP 750 (*Recommended Practice for the Management of Process Hazards*) e sua revisão de maio de 1995, do *American Petroleum Institute*. Este instrumento busca facilitar a comunicação interna das empresas através do uso de uma linguagem comum e uma sistemática consistente de gestão, promovendo o alcance dos principais objetivos do Gerenciamento de Riscos de Processo, dentre os quais: tornar o gerenciamento de riscos parte integrante do negócio de uma empresa petroquímica; apoiar a gestão da empresa na prestação de contas de sua atuação perante a Sociedade; fortalecer a base ética, a credibilidade e a imagem da organização e, por fim, minimizar riscos, custos, passivos trabalhistas e ambientais.

Palavras-chave: Sistemas de gerenciamento. Riscos. Processamento. Petroquímica.
Metodologia estruturada.

## ABSTRACT

Frequently, the management of process hazards is understood as something reactive; worst than that, non responsive. Serious mistake. All process management risk management systems to day conceived, since the beginning of the 90's, independently of the chancellor, structure, color, rationale, trend, school, whatever it may be - Dutch, American, English, Danish, Canadian, Italian, Indian, Latin American or Brazilian, everyone has a common baseline: all of them are built with pro-active methodologies and methods, structured to the threats and opportunities, having as the focus point a clear understanding of the meaning of the systemic, qualitative and quantitative appraisals of the risk management. This work has as the main target to present a proposal of a structured methodology of how to define identification actions, how to analyze, assess, measure, treat, monitor and manage process hazards in upstream petrochemical plants, in all life cycles stages of these facilities, trespassing it in its activities, processes and in the organization itself. This proposal of this methodology has its fundaments on the best international practices yet known and well known references, such as CFR 29 OSHA 1910.199, AIChE/CCPS Guidelines, and specifically dedicated to the petrochemical fluid processing, the API RP 750 (Recommended Practice for the Management of Process Hazards) and its revision ("reaffirmed") of May 1995, of American Petroleum Institute. This instrument is an attempt to turn easy the internal communication within the organization through a common language and consistent and systematic management policies, to reach the main objectives of a Process Safety Management system, such as: making the Process Management Systems an integrated part of a petrochemical company core business; support the company top administration in paying accountability to the Society; uphold the ethical basis, credibility and the image of the organization; and minimize risks, costs, work and environmental liabilities.

Key words: Management systems. Process. Hazards. Petrochemicals. Structured Methodology.

## LISTA DE TABELAS

# LISTA DE QUADROS

## LISTA DE FOTOS

## LISTA DE FIGURAS

## LISTA DE FLUXOGRAMAS

## LISTA DE GRÁFICOS

## LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

AIChE - American Institute of Chemical Engineers

AFNOR - Association Française des Normes

AISI - American Institute of Steel and Iron

ALARP - As Low As Reasonably Practible

AMA - American Medical Association

AN - Área de Negócios

ANSI - American National Standards for Industry

API - American Petroleum Institute

APR - Análise Preliminar de Riscos

AQR - Análise Quantitativa de Riscos

ARCO - Atlantic Richfield Corporartion

ARP - Análise de Riscos de Processo

ARPEL - Asociación Regional de Empresas de Petróleo y Gas Natural en Latinoamerica y El Caribe

ASME - American Society of Mechanical Engineers

ASTM - American Society of Testing of Materials

ATC - Acute Toxic Concentration

ATP - Ativo de Produção

ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry

BLEVE - Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion

BOP - Boil over Preventer

BP - British Petroleum

CAAA - Clean Air Act Amendments

CAS - Chemical Abstract Service

CCPS - Center for Chemical Process Safety

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CFR - Code of Federal Regulations

CIMAH - Control of Industrial Hazards Regulations

CLP - Controlador Lógico Programável

CMA - Chemical Manufacturers Association

CPQRA - Chemical Process Quantitative Risk Analysis

DIN - Deutche Industrial Normen

DOT - Department of Transportation

ECOMP - Estação de Compressores

E&P - Exploração & Produção

EPA - Environmental Protection Agency

EPI - Equipamento de Proteção Individual

EUA - Estados Unidos da América

EVC - Equilibrium Vapor Concentration

FAST - Function Analysis System Technique

FCC - Fluid Catalytic Cracking

FISPQ - Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos

FIOCRUZ - Fundação Oswaldo Cruz

FMEA/FMECA - Failure Modes and Effects Analysis/Failure Modes, Effects and Criticality Analysis

FTA - Fault Tree Analysis

FUNDACENTRO - Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho do Ministério do Trabalho e Emprego

GEQ - Gestão Estratégica pela Qualidade

GLP - Gás Liquefeito de Petróleo

GPERD - Guidelines for Process Equipment Reliability Data

GRP - Gerenciamento de Riscos de Processo

HAZOP - Hazard and Operability Analysis

HSE - Health and Safety Executive

IBR - Inspeção Baseada em Risco

IEEE - Institute of Electrical and Electronic Engineers

IMO - International Maritime Organization

IPIECA - International Petroleum Industry Environmental Conservation Association

IPS - Índice de Perigo da Substância

ISO - International Organization for Standardization

IUPAC - International Union of Pure and Applied Chemistry

JIS - Japan Industrial Standards

JRC - Joint Research Center

LGN - Líquidos de Gás Natural

LNG - Liquefied Natural Gas

LPG - Liquefied Petroleum Gas

MARS - Major Accident Reporting System

MCA - Minerals Council of Australia

MCC - Manutenção Centrada em Confiabilidade

MCV - Monômero de Cloreto de Vinila

MHAB - Mental Health Advisory Board

MHIDAS - Major Hazards Incident Data Service Bank

MISHC - Minerals Industry Safety and Health Center

MMS - Minerals Management Services

MODU - Mobile Drilling Unit

MSDS - Material Safety Data Sheet

NEC - No-Effect Threshold Concentration

NFPA - National Fire Protection Association

NTL - National Transportation Library

OCDE - Organization for Economic Co-operation and Development

OGP - International Oil & Gas Producers

OCS - Outer Continental Shelf

OHSAS - Occupational Health and Safety Assessment Series

OISD - Oil Industry Safety Directorate of India

OREDA - Offshore Reliability Data Bank

OSHA - Occupational Safety and Health Administration

ONU - Organização das Nações Unidas

PAMH - Planta de Armazenamento e Movimentação de Hidrocarbonetos

PCG - Planta de Compressão de Gás

PDAA - Plan, Do, Assess and Adjust

PDCA - Plan, Do, Check and Act

PDCE - Plan, Do, Control and Evaluate

PEC - Potential Environmental Concentration

PPPB - Planta de Processamento de Petroquímicos Básicos

PPG - Planta de Processamento de Gás

PROBIT - Probability Unit

PSM - Process Safety Management

PSV - Pressure Safety Valve

RDB - Reliability Data Book

RMP - Risk Management Plan

RP - Recommended Practice

SEMP - Safety and Environmental Program

SHI - Substance Hazard Index

SMS - Segurança, Meio ambiente e Saúde

SOLAS - Safety of Life at Sea, da International Maritime Organization

SSO - Segurança e Saúde Ocupacional

SST - Segurança e Segurança do Trabalho

STEP - Strategies for Today's Environmental Partnership

TNO - Technical Netherlands Organization

UN - Unidade de Negócios

UNEP - United Nations Environment Programme

UVCE - Unconfined Vapor Cloud Explosion

VCE - Vapor Cloud Explosion

WOAD - Worldwide Offshore Accidents Databank

## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIAÇÕES

$d$ Operador matemático de diferenciação de elementos infinitesimais de uma função.

$\Delta$ Diferença de elementos finitos.

$\int$ Operador matemático de integração de uma função, que realiza operação inversa da diferenciação.

$\iint_A$ Operador matemático de integração dupla, na estensão de uma superfície.

$\iiint_V$ Operador matemático de integração tripla, em um volume de controle.

$\sum$ Operador matemático de soma de elementos finitos.

$\sum\sum\cdots$ Operador matemático da soma, da soma, ..., de elementos finitos.

ppm Concentração expressa em parte por milhão.

v/v Concentração expressa em base volumétrica.

psi Medida inglesa de pressão absoluta, *pound per square inch*.

Btu Medida inglesa de capacidade térmica, *British Thermal Unit*.

mmHg Medida de pressão diferencial, milímetro de Mercúri.

SUMÁRIO

# 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho se inicia com a apresentação das considerações sobre o assunto abordado, seguindo-se, dentre outros aspectos, de um panorama internacional atual sobre a necessidade de se adotar sistemas de gerenciamento de riscos de processo tendo em vista a ocorrência acidentes industriais catastróficos com produtos perigosos. Logo após, cita o perfil qualitativo e quantitativo desses acidentes, a relevância do tema, o objetivo, a delimitação e a metodologia da pesquisa. Encerra com os resultados obtidos com o trabalho.

Para fins de melhor entendimento dos assuntos e compreensão dos termos e definições a serem tratados no presente trabalho, é recomendável leitura do Glossário.

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Em seu estado da arte para a excelência do desempenho, uma corporação necessita proceder ao exame dos principais aspectos de sua gestão de processos, incluindo o projeto dos produtos com foco no cliente, a execução e entrega dos mesmos, os processos de apoio em todos os seus setores e unidades.

A prática tem demonstrado que a Gestão Estratégica pela Qualidade (GEQ) é a melhor maneira de se trabalhar de forma segura, planejada e sistemática para se alcançar o sucesso na

execução do gerenciamento de riscos. Essa filosofia de trabalho tende a ser crescentemente adotada - pelo menos em sua essência, o que sugere que tal adoção deva ser efetivada visto que ela pode representar vantagem competitiva para a organização.

A GEQ é um conjunto de princípios, métodos e procedimentos que, por meio do comprometimento individual de todos - mas trabalhando em equipe - controla e aperfeiçoa, de modo contínuo, os sistemas e processos de uma organização, a fim de atender, com qualidade crescente e custos adequados, as necessidades e expectativas das organizações, grupos ou indivíduos usuários de seus produtos ou serviços.

Um dos conceitos de gerenciamento que tem resistido ao tempo é este: você consegue gerenciar mesmo o que você mede. Para gerenciar os riscos industriais de uma instalação de processamento de petroquímicos básicos (mais, adiante), é necessário, antes de tudo, identificá-los, avaliá-los, hierarquizá-los e tratá-los. Para isso, faz-se necessário o uso de metodologias adequadas.

Como será detalhado no item 1.6 - Formulação da situação problema, o setor da indústria de processamento de fluidos é caracterizado por dois segmentos básicos: segmento *upstream* e segmento *downstream.*

O segmento de *upstream* da indústria química, petroquímica, e de petróleo, cada vez mais freqüentemente vem adotando tecnologias sofisticadas, por envolver pressões e temperaturas cada vez mais elevadas e com manuseio de fluidos com altas vazões.

Essa característica requer e justifica a realização de avaliações formais e estruturadas do risco industrial intrínseco dessas instalações, seja através da diminuição da freqüência estocástica de ocorrência de falhas das mesmas, seja através de medidas mitigadoras e compensatórias. Tais medidas têm como objetivo final reduzir a ocorrência e as conseqüências causadas por eventuais acidentes catastróficos que possam causar lesões a seres humanos, impactos ao meio ambiente e danos a propriedades. A ocorrência de tais acidentes, pela comoção que causam à sociedade e aos meios e comunicação, despertam, naturalmente, interesse ao público em geral.

Para essas instalações, o projeto dos produtos são as especificações com as quais, por exemplo, amônia, eteno, propeno, são processados primeiramente pelo segmento *upstream* num complexo ou pólo petroquímico e entregues ao cliente, que é o segmento *downstream*, que realiza o processamento propriamente dito dos produtos em plantas químicas e petroquímicas, objetivando a obtenção de derivados como, por exemplo, uréia, polietileno e polipropileno petroquímicos, etc.

A gestão de processos relativos aos produtos requer o conhecimento de como a organização trata a questão, bem como são feitos o controle e o aprendizado das práticas de gestão. Dessa forma, a abordagem gerencial e sistêmica para o tratamento dos problemas relativos à perda de confinamento de energia e/ou matéria que dêem origem a incêndios, explosões e vazamentos tóxicos ou inflamáveis, é de fundamental importância no processo de gerenciamento dos riscos da indústria petroquímica.

Com a evolução da sociedade, temas notadamente ligados às áreas ecológicas e de acidentes de trabalho, passaram a preocupar tanto o público ao redor das indústrias, como as autoridades governamentais.

Em conseqüência, as indústrias foram obrigadas a examinar com mais acuidade os efeitos de suas operações intra e extra-muros, passando a analisar mais criteriosamente os riscos possíveis e os métodos para reduzir emissões e ruídos diversos, valendo-se da Análise de Riscos como instrumento de decisões técnicas e gerenciais, quer ao nível da prevenção de acidentes de trabalho, quer com acidentes catastróficos envolvendo as instalações operacionais, o público em geral e o meio ambiente.

As indústrias química, petroquímica e de petróleo apresentam riscos inerentes, como a utilização e manuseio de produtos inflamáveis, explosivos, corrosivos e tóxicos que, eventualmente, podem provocar explosões, incêndios e dispersões tóxicas com graves conseqüências às pessoas, ao meio ambiente e a bens materiais. Assim, o uso cada vez mais freqüente de tecnologias sofisticadas e materiais cada vez mais resistentes requer, então, uma abordagem gerencial e sistêmica ao tratamento dos problemas relativos à perda de confinamento de matéria e/ou energia.

Dessa forma, há a necessidade da adoção de programas formais de gerenciamento de riscos pelas indústrias, cuja proposta de metodologia estruturada é o objeto do presente trabalho.

Nesse contexto, a finalidade principal do Gerenciamento de Riscos de Processo, doravante designado abreviadamente de GRP, é cotejar todos os procedimentos e práticas operacionais de uma planta petroquímica, objetivando a minimização de seus riscos.

As instalações operacionais do segmento *upstream* que formam um conjunto típico de um complexo petroquímico são apresentadas na Foto 1, são compostas de instalações de processamento, dutos associados para escoamento da produção, demais instalações auxiliares e utilidades.

**Foto 1** - Vista parcial de um complexo petroquímico.
Fonte: Própria.

## 1.2 ACIDENTES INDUSTRIAIS CATASTRÓFICOS COM PRODUTOS PERIGOSOS[1]

Segundo Freitas, Porto e Machado (2000), os acidentes industriais surgem com o próprio processo de industrialização e desenvolvimento de novas tecnologias de produção a partir da Revolução Industrial. O uso das máquinas a vapor, símbolo da Revolução Industrial, é um exemplo disso. Nos EUA, a utilização de tais máquinas empregando alta pressão resultou em 14 explosões só em 1836, tendo como conseqüência 496 óbitos. Na Inglaterra, entre 1817 e 1838, ocorreram 23 acidentes envolvendo explosões resultando em 77 mortes, sendo esse menor número, em comparação como os dos EUA, devido, em parte, à pressão mais baixa utilizada nas máquinas a vapor nesse país (OTWAY, 1995). Já naquela época, a questão do uso de novas tecnologias na produção industrial e de seus acidentes já despontava como um problema sério, provocando intervenções técnicas, bem como uma incipiente e limitada legislação com o objetivo de controlar e prevenir esses tipos de acidentes (DWYER, 1991).

Se os acidentes nas minas de carvão e máquinas a vapor podiam ter sua extensão e gravidade restritas aos espaços material e temporal do evento, os acidentes com produtos perigosos, principalmente a partir da segunda metade do século passado, não podiam ser tratados da mesma forma. No que se refere especificamente à indústria de processamento químico, a importância desses acidentes está diretamente relacionada à evolução histórica da produção e ao consumo de substâncias químicas em âmbito nacional e internacional.

---

[1] Conforme Freitas, Porto e Gomez (1995), também encontrados na literatura como sendo denominados por "acidentes industriais ampliados", "acidentes químicos ampliados".

A partir da Segunda Guerra Mundial, o aumento da demanda ditada pela avidez de consumo dos mercados por novos materiais e produtos, coadjuvado pela mudança das matrizes energéticas de carvão para o petróleo, conduziu ao desenvolvimento e à expansão dos complexos industriais (HAGUENAUER, 1986). A natureza altamente competitiva desse setor industrial, aliada ao crescimento da economia em escala mundial e ao rápido avanço da tecnologia, possibilitou o aumento das dimensões das plantas industriais e da complexidade dos processos produtivos, conforme (THEYS, 1987; UNEP, 1992).

O crescimento global da atividade de produção, armazenamento e transporte de produtos perigosos produziu, conseqüentemente, um aumento na quantidade de trabalhadores e comunidades (UNEP, 1992). Paralelamente, observou-se também um aumento na freqüência e na gravidade desses acidentes nessas atividades. De acordo com Glickman, Golding e Silverman (1992 apud FREITAS; PORTO; MACHADO, 2000), os acidentes com cinco óbitos ou mais - os quais são considerados muito severos na Diretiva de Seveso, sob número 82/501, de 24 de junho de 1982, passaram de 20 (média de 70 óbitos por acidente), entre 1945 e 1951, para 66 (média de 142 óbitos por acidente), entre 1980 e 1986, são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1 -** Acidentes industriais catastróficos no mundo, por período.

| PERÍODO | ACIDENTES | MORTES | MORTES / ACIDENTES | MORTES / ANO |
|---|---|---|---|---|
| 1945-1951 | 20 | 1.407 | 70 | 201 |
| 1952-1958 | 20 | 558 | 28 | 80 |
| 1959-1965 | 36 | 598 | 17 | 85 |
| 1966-1972 | 52 | 993 | 19 | 142 |
| 1973-1979 | 99 | 2.038 | 21 | 291 |
| 1980-1986 | 66 | 9.382 | 142 | 1.340 |
| **TOTAL** | **293** | **14.976** | **51** | **356** |

Fonte: Glickman, Golding e Silverman (1992 apud FREITAS; PORTO; MACHADO, 2000). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

Algumas das maiores e mais recentes catástrofes ocorridas no período de 1974 a 2002 acham-se descritas no Quadro 1, conforme Lees (1996); Freitas; Porto e Machado (2000); Freitas, Porto e Freitas; (2000).

| ANO | INSTALAÇÃO | LOCAL | PAÍS | MORTOS | FERIDOS | LESÕES PESSOAIS E DANOS ECOLÓGICOS | DANOS MATERIAL FORA DA PLANTA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1974 | Planta de ciclohexano | Flixbourough | Inglaterra | 28 | 36 | - | 1.821 casas e 167 lojas |
| 1975 | Estocagem de propano | Beek | Holanda | 14 | 107 | ND[2] | Destruição total do parque de combustíveis |
| 1976 | Planta de dioxina | Seveso | Itália | 75.000 animais | 156 operários e 37.000 vizinhos | Intoxicação aguda e contaminação do solo | ND |
| 1980 | Plataforma de petróleo *Alexander Keilling* | Mar do Norte | Noruega | 123 | ND | Contaminação marítima | Afundamento da plataforma |
| 1984 | Planta de metil isocianato | Bhopal | Índia | > 2.500 | > 20.000 | Lesões pulmonares permanentes | ND |
| 1984 | Refinaria de petróleo | San Juan Ixhuatepec | México | 550 | 7.000 | ND | Inúmeras casas e lojas |
| 1984 | Duto de derivados de petróleo | Vila Socó, Cubatão, SP | Brasil | 93 | ND | ND | Diversas fatalidades na comunidade carente vizinha |
| 1986 | Usina Nuclear | Tchernobyl | Rússia | 50, imediatas | 4.000, com 300.000 pessoas evacuadas | Contaminação nuclear em vários países europeus | Inúmeras casas e lojas |
| 1987 | Planta de fitossanitários e pesticidas | Basiléia | Suíça, na fronteira com a França e Alemanha | - | - | 25.000 pessoas evacuadas, com contaminação do Rio Reno | ND |
| 1988 | Navio petroleiro | Alaska | EUA | - | ND | Contaminação da flora e fauna marinhas | Contaminação de praias e corpos d'água |
| 1992 | Poços de petróleo | Golfo Pérsico | Iraque | - | - | Poluição marítima e atmosférica com forte impacto ecológico | ND |
| 2001 | Plataforma de petróleo | Bacia de Campos, RJ | Brasil | 11 | - | - | Afundamento da plataforma |
| 2002 | Navio petroleiro | Costa da Galícia | Espanha | - | - | Contaminação da flora e fauna marinhas | Contaminação de praias e corpos d'água na Espanha, Portugal e França |

**Quadro 1 -** Maiores e mais recentes catástrofes no período 1974/2002.
Fontes: Lees (1996); Freitas, Porto e Machado (2000); Freitas, Porto e Freitas (2000). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

O Quadro 2 complementa o Quadro 1, apresentando os principais acidentes no período de 1921 a 1973, ocorridos em plantas de processamento químico, petroquímico e de petróleo.

[2] ND - Não disponível.

| ANO | PAÍS | ACIDENTE | PRODUTO PERIGOSO | MORTES |
|---|---|---|---|---|
| 1921 | Alemanha | Explosão em planta de anilina | Nitrato e sulfato de amônia | >500 |
| 1921 | EUA | Vazamento de tanque | Cloro | 40 |
| 1930 | Bélgica | Dispersão de gases tóxicos | Ácido fluorídrico, ácido e dióxido de enxofre | 92 |
| 1935 | Alemanha | Explosão em planta de explosivos | Dinitrotoluol, nitroglicerina e trinitrotoluol | 82 |
| 1939 | Romênia | Vazamento em planta química | Cloro | 60 |
| 1942 | Bélgica | Explosão | Nitrato de Amônia | 60-80 |
| 1944 | EUA | VCE | LGN | 130 |
| 1950 | México | Vazamento em planta química | Gás sulfídrico | 22 |
| 1966 | França | Explosão em Refinaria | Propano e butano | 21 |
| 1968 | Alemanha | Explosão em planta química | Cloreto de vinila | 24 |
| 1972 | Brasil | Explosão e Refinaria | Propano e butano | 38 |
| 1973 | EUA | Incêndio e Tanque | GLP | 40 |

**Quadro 2 -** Acidentes catastróficos em Plantas de processo com produtos perigosos a nível mundial.
Fonte: Freitas, Porto e Machado (2000). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

## 1.3 PERFIL QUALITATIVO DOS ACIDENTES INDUSTRIAIS CATASTRÓFICOS COM PRODUTOS PERIGOSOS

Conforme será visto adiante na Tabela 3, historicamente as explosões são os acidentes que ocorrem com maior freqüência e que acarretam um grande número de mortes imediatas.

Todavia, isso não significa que dispersões tóxicas e incêndios, estes últimos envolvendo combustão de produtos químicos e formação de plumas de produtos tóxicos sejam menos perigosas. Estes dois últimos, segundo dados do MARS e do MHAB/JRC, das Comunidades Européias, estiveram presentes em 98,4% dos 121 acidentes industriais catastróficos registrados. Ao contrário das explosões, têm seus efeitos transcendendo o espaço físico e temporal dos acidentes. Podem se ampliar tanto em termos físicos, atingindo outras cidades ou países, como em termos temporais, atingindo gerações futuras. Dessa forma, faz-se mister apresentar sucintamente as características de seus principais efeitos, a saber:

### 1.3.1 **Incêndios**

Além da elevada radiação térmica liberada e dos possíveis incêndios e explosões adicionais, existem ainda os efeitos causados pela própria combustão dos produtos envolvidos, resultando na emissão de gases e fumaças tóxicas e atingindo áreas distantes. A combustão de plástico, por exemplo, pode gerar cerca de uma centena de produtos diferentes

(MARKOWITZ et al., 1989). No incêndio do parque de armazenamento de produtos químicos de SANDOZ em Schweizerhalle, Suíça, ocorrido em 1986, estimou-se que no mínimo 15 mil sub-produtos possam ter sido gerados pela combustão de agrotóxicos organofosforados e compostos de mercúrio, segundo Ackermann-Liebrich, Braun e Rapp (1992).

As águas residuais contaminadas proveniente da faina de combate a incêndios são outra fonte de efeitos, tanto para as brigadas que travam contato com esses produtos durante o combate, de acordo com Temple (1994), como para as populações que obtêm sua água para consumo dos rios e mananciais atingidos, conforme Ackermann-Liebrich, Braun e Rapp (1992). No combate ao incêndio da SANDOZ, estimou-se que entre 10 e 30 toneladas de contaminantes foram lançadas no Rio Reno por intermédio dessas águas, redundando na mortandade de grande quantidade da flora e fauna fluvial em uma extensão de 250 quilômetros rio abaixo, segundo Mossmann, Schnnor e Stumm (1988), colocando em risco uma população estimada em 12 milhões de habitantes, distribuídos por cidades e vilas ao longo desse rio na França, na Alemanha e na Holanda, segundo Ackermann-Liebrich, Braun e Rapp (1992).

### 1.3.2 **Explosões**

A súbita liberação de energia mecânica por uma explosão pode ocorrer de diversas maneiras. Os efeitos de explosões físicas tendem a serem locais se manifestando no sítio onde elas ocorrem. Além desse poder destruidor, causam outros tipos de lesões a seres humanos, como, por exemplo, hemorragia pulmonar, ruptura de tímpanos, e danos estruturais, como por exemplo, tombamento de equipamentos, perdas estruturais. Todavia, as explosões químicas, aquelas que decorrem da combustão confinada ou semi-confinada de gases ou vapores inflamáveis, chegam a ter amplas repercussões, uma vez que podem resultar em incêndios e dispersões de produtos tóxicos perigosos. Em ambas formas, há ainda a possibilidade de espalhamento de mísseis arremessados com elevada energia cinética à longa distância, segundo Bosh e Weterings (1997) no *Yellow Book* da TNO. Além dos prejuízos materiais, alguns têm como resultado a morte imediata de grande quantidade de pessoas (trabalhadores e comunidades próximas), provocada por queimaduras, traumatismo e sufocação pelos gases

liberados após as explosões, bem como lesões para um número ainda maior (ISHIDA; OHTA; SUGIMOTO, 1985; PEARCE, 1985; ZEBALLOS, 1992).

### 1.3.3 **Dispersões**

As características físico-químicas das dispersões determinam, fundamentalmente, sua toxicidade, e os impactos que possam causar nos tratos expostos e nas áreas atingidas.

As dispersões de gases e vapores tóxicos na atmosfera apresentam, de longe, maiores preocupações devido a seu potencial de alcançarem regiões mais distantes, devido à turbulência dos ventos e condições atmosféricas. Conseqüentemente, podem atingir grandes extensões e um número maior de pessoas, constituindo a forma predominante de exposições ambientais e ocupacionais (LITOVITZ et al., 1993). A gravidade e a extensão de tais dispersões dependem das propriedades físico-químicas, toxicológicas, ecotoxicológicas dos produtos envolvidos, bem como das condições atmosféricas, geológicas, geográficas e topográficas. Além disso, as dispersões, assim como os incêndios, podem provocar efeitos tanto agudos quanto crônicos, tais como carcinogenicidade, teratogenicidade, mutagenicidade e danos a órgãos-alvo específicos, conforme Bertazzi (1991) e *Organization for Economic Co-operation and Development* (OCDE) (1994). Vazamentos catastróficos como os de Seveso, Bhopal e Tchernobyl, apresentados no Quadro 1, que até hoje deixaram seqüelas nas comunidades atingidas, ilustram bem a questão.

Dispersões líquidas que freqüentemente ocorrem diretamente por vazamento ou derrames têm sua extensão determinada, dentre outros fatores, pela existência de cursos d'água e barreiras naturais ou artificiais (NOGUEIRA, 1985). Na contaminação de corpos d'água para consumo humano, como a que ocorreu no incêndio da SANDOZ, milhares de pessoas foram colocadas em risco de intoxicação, conforme ENDS REPORT (1994) e Jarvis et al. (1985).

Resíduos sólidos dispostos têm, em princípio, menor capacidade de se estender além dos limites da zona afetada. Todavia, armazenamento ou disposição inadequada podem contribuir para derrames e, a depender do meio onde se encontram, reagir quimicamente com o mesmo, gerando novos produtos que sejam nocivos, contaminando lençóis freáticos e mananciais de consumo humano.

## 1.4 PERFIL QUANTITATIVO DOS ACIDENTES INDUSTRIAIS CATASTRÓFICOS COM PRODUTOS PERIGOSOS

Maimon (1996) discorrendo sobre a questão, apresenta considerações como a revolução dos meios de comunicação vem acelerando a conscientização ambiental. Imagens de catástrofes e desastres ecológicos são divulgadas às vezes em tempo real no mundo inteiro. Acidentes catastróficos como os de Flixborough, Bhopal, San Juan Ixhuatepec, Tchernobyl, Alaska, Bacia de Campos, Costa da Galícia, tiveram forte repercussão internacional em função das vítimas fatais, degradação ecológica, valores das indenizações envolvidas, perda de imagem de empresas junto ao público, etc.

Maimon (1996)[3] reporta também que durante 25 anos o *Major Hazards Incident Data Service Bank* (MHIDAS), da Inglaterra, registrou até 1986, 2.500 acidentes industriais, sendo que mais da metade (1.419) ocorreu entre 1981 e 1986. Estes acidentes têm sua origem no transporte ou armazenamento de produtos tóxicos e na produção de energia, notadamente, usinas nucleares, termelétricas, refinarias de petróleo e plataformas marítimas. Observa-se, no entanto, pela Tabela 2 que a freqüência de tais acidentes tem diminuído nos países da OCDE, e aumentado no resto do mundo. Até 1984, os EUA eram o líder de acidentes de grande risco.

**Tabela 2 -** Ocorrência de acidentes de grande risco.

| LOCALIDADE | 1970 - 1974 | 1975 - 1979 | 1980 - 1984 | 1985 - 1989 |
|---|---|---|---|---|
| América do Norte | 19 | 38 | 20 | 9 |
| EUA | 19 | 36 | 18 | 9 |
| Europa | 16 | 19 | 12 | 12 |
| OCDE | 38 (1) | 58 (2) | 37 (5) | 25 (6) |
| Resto do Mundo | 8 | 16 | 19 (1) | 32 (1) |
| **Total (OCDE + Resto do Mundo)** | **46 (1)** | **74 (2)** | **56 (6)** | **57 (7)** |

Fonte: Maimon (1996)[4]. Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

Embora esses desastres, todos envolvendo produtos altamente perigosos, tenham chocado a opinião pública devido a seu potencial destruidor, os registros estão repletos de

[3] MAIMON, op. cit.
[4] Elaborada a partir de dados da OCDE, 1991. ( ) Número de acidentes com indenização superior a 10 milhões de dólares.

casos menos notáveis, e que continuam acontecendo. Produtos perigosos continuam a representar uma ameaça aos empregados das empresas e provêem ímpeto, nacional e internacionalmente, para as autoridades considerarem cada vez mais o desenvolvimento de leis e regulamentos mais coercitivos, para se não estancar, eliminar, pelo menos minimizar o potencial destruidor de tais eventos.

Conforme mencionado por Freitas, Porto e Machado (2000), na Holanda, um recenseamento de 250 acidentes industriais considerados graves entre os anos de 1969 e 1984 constatou que 50% deles estavam relacionados com produção industrial, 15% com transporte e 15% com atividades de armazenamento, segundo Theys (1987). Em pesquisa realizada por Bertazzi (1989) sobre acidentes com pesticidas, herbicidas e dioxina, revelou mais de 100 registros em 85 ocorrências em 13 diferentes países. Os dados revelaram que a maioria dos acidentes aconteceu no processo de produção industrial (43%), sendo esse quadro semelhante ao do levantamento realizado na Holanda. Em seguida vinha armazenamento com 33%, seguido do transporte com 17% e rejeitos perigosos com 7%.

Ao analisarem os acidentes registrados no MHIDAS no período entre 1981 e 1986, Carson e Munford (1998) revelaram que, do total de 1.419 eventos, cerca de 38% ocorreram na produção industrial, 24% no transporte, 16% na armazenagem, 11% em dutos e 5% em tanques de armazenamento. Em média, 66% dos eventos registrados corresponderam a incêndios e explosões, enquanto 29% a vazamento de substâncias tóxicas. Do total de acidentes, cerca de 34% envolveram fatalidades e algum tipo de lesão. O número total de mortes alcançou aproximadamente 4.400, correspondendo a uma média de nove mortes por acidente. Caso Bhopal fosse excluído, com 2.500 mortes imediatas, essa média baixaria para 3 óbitos por acidente.

Freitas, Porto e Machado (2000), reportam que Glickman, Golding e Silverman (1992), em estudo sobre acidentes catastróficos no mundo, fizeram o levantamento daqueles com mais de cinco óbitos ocorridos no período entre 1945 e 1989, encontrando um total de 293, dos quais 135 (47%) se deram durante o transporte de produtos perigosos; 118 (40%) na produção, 33 (11%) em dutos e tubulações e 7 (2%) em atividade de ocorrência desconhecida. Do total de 14.976 fatalidades, 7.063 (47%) ocorreram na produção, 6.808 (45%) no transporte, 860 (6%) em dutos e tubulações e 245 (2%) em atividades desconhecidas.

Já em outro estudo, especificamente voltado para a realidade norte-americana, Glickman, Golding e Terry (1993 apud FREITAS; PORTO; MACHADO, 2000), levantaram um total de 758 acidentes no período entre 1945 e 1991, sendo 751 com pelo menos um óbito, totalizando 3.270 mortes. Para um período de 47 anos, média anual foi de 16 acidentes

envolvendo óbitos e totalizando cerca de 70 óbitos por ano, correspondendo a aproximadamente 4,4 óbitos por acidente. Os acidentes com cinco ou mais óbitos corresponderam a 144 (19%) do total. Só esses acidentes, considerados pelo menos muito severos nas Comunidades Européias, foram responsáveis por 2.241 óbitos no período, o que significa 68% do total com média de 16 óbitos por acidente.

Tomando como referência os tipos de materiais envolvidos, Glickman, Golding e Terry (1993 apud FREITAS; PORTO; MACHADO, 2000) concluem que 387 (51%) envolveram líquidos inflamáveis e 149 (20%) gases inflamáveis. Outros produtos estiveram presentes em 133 (17%), e gases não-inflamáveis, em 59 (8%). O produto era desconhecido em 30 (4%) acidentes. Examinando o número de óbitos, verificaram que 1.204 (37%) foram em acidentes envolvendo líquidos inflamáveis, 1.026 (31%) outros produtos, 772 (24%) gases inflamáveis, 129 (4%) gases não-inflamáveis, 139 (4%) material desconhecido. Em termos de óbitos, a média de 7,7 foi com outros produtos, 5,2 com gases inflamáveis, 3,1 com líquidos inflamáveis e 2,2 com gases não-inflamáveis e produtos desconhecidos.

Conforme se observa na Tabela 3, elaborada por Freitas em sua tese de doutorado (1996 apud FREITAS; PORTO; MACHADO, 2000), a partir de dados do MARS, verificam que, do total de 121 acidentes, apenas 13 (10,7%) envolveram somente explosão. Os outros 108 acidentes (89,3%) envolveram, além de explosões, incêndios e dispersões, simples ou combinadas com outros tipos de vazamentos, redundando, inevitavelmente, tanto em dispersões de gases e vapores na atmosfera, oriundos da combustão de produtos químicos em incêndios e vazamentos, bem como em derrames de líquidos provenientes de vazamentos ou águas residuais contaminadas de combates a incêndio. Substâncias líquidas altamente inflamáveis estiveram presentes em 38 (31%) dos acidentes, e gases inflamáveis, em 33 (27%). Cloro contribuiu com 17 (14%), e outras substâncias oxidantes, com 14 (11%), seguindo-se de outros produtos combustíveis ou inflamáveis não abrangida pela Diretiva de Seveso, e outras substâncias tóxicas com 13 (10%) cada grupo, segundo (DROGARIS, 1993).

**Tabela 3 -** Tipos de eventos notificados no MARS entre 1980 e 1991[5].

| TIPOS DE EVENTOS | A | B | B/A | C | C/A | D | D/A | E | E/A |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Acidentes envolvendo um tipo de evento* | | | | | | | | | |
| Explosão | 13 (10,7%) | 12 | 0,92 | 68 | 5,23 | - | - | - | - |
| Incêndio | 13 (10,7%) | 4 | 0,31 | 18 | 1,39 | 3 | 0,23 | - | - |
| Emissão | 41 (33,9%) | 2 | 0,05 | 110 | 2,68 | - | - | 180 | 4,40 |
| Subtotal | 67 (55,4%) | 18 | 0,27 | 196 | 2,92 | - | 0,05 | 180 | 2,67 |
| *Acidentes envolvendo dois tipos de evento* | | | | | | | | | |
| Combinação de explosão e incêndio | 11 (9,1%) | 14 | 1,27 | 12 | 1,09 | - | - | - | - |
| Combinação de explosão e emissão | 7 (5,8%) | 3 | 0,43 | 15 | 2,14 | - | - | - | - |
| Combinação de incêndio e emissão | 11 (9,1%) | 3 | 0,27 | 33 | 3,00 | - | - | 3 | 0,27 |
| Subtotal | 29 (24,0%) | 20 | 0,69 | 60 | 2,07 | - | - | 3 | 0,10 |
| *Acidentes envolvendo três tipos de evento* | | | | | | | | | |
| Explosão e incêndio e emissão | 25 (20,7%) | 9 | 0,36 | 103 | 4,12 | 3 | 0,12 | 164 | 6,56 |
| **TOTAL** | **121 (100%)** | **47** | **0,39** | **359** | **2,97** | **6** | **0,05** | **347** | **2,87** |

Fonte: Drogaris (1993 apud FREITAS; PORTO; MACHADO, 2000).

A Tabela 3 demonstra ainda que no caso das 53 vítimas fatais mencionadas nos acidentes correspondente à soma das colunas B e D, os eventos que apresentam maiores quantidades foram:

- Explosão isolada com 12 casos correspondente a 26%, sendo a média 0,92 por acidente;
- A combinação de explosão com incêndio, com 14 (30%), sendo a média 1,27 por acidente. O autor destaca a relevância do assunto, mostrando que, do total de vítimas fatais, 47 (89%) foram pessoas que trabalhavam no estabelecimento industrial.

Segundo Freitas, Porto e Machado (2000), esses dados aproximam-se daqueles revelados em estudo realizado em 1990 pela ATSDR, em cinco estados norte-americanos, demonstraram serem os próprios trabalhadores 91% das vítimas de acidentes em indústrias (JONES, 1994).

Ainda no que concerne à Tabela 3, pode-se observar também que, do total de 706 registros de vítimas não-fatais no MARS, correspondentes à soma das colunas C e E, segundo Freitas, Porto e Machado (2000), existe uma quase equivalência entre as internas e as externas ao estabelecimento industrial. Os eventos que envolveram unicamente explosão tiveram

[5] A: Acidentes; B: Vítimas fatais internas; C: Vítimas não fatais internas; D: Vítimas fatais externas; E: Vítimas não fatais externas.

apenas vítimas não-fatais internas aos estabelecimentos, totalizando 68 (19%), com a maior média registrada na tabela, ou seja, 5,23 por acidente.

Os eventos que só envolveram vazamento de produtos perigosos ou dispersão combinada com incêndio ou explosão foram responsáveis pelo maior número de vítimas não fatais registradas tanto interna com externamente às instalações industriais. Foram registradas 110 vítimas não-fatais dentro da planta industrial e 180 externamente para eventos que envolveram apenas emissão de substâncias perigosas, com média de 2,68 e 4,40 por acidente, respectivamente. Nos eventos que envolveram a combinação de emissão, incêndio e explosão, foram registradas 103 vítimas não-fatais internamente e 164 externamente, com média de 4,12 e 6,56 por acidente, respectivamente.

Freitas, Porto e Machado (2000) pontuam também que, embora os dados apresentados provenham de diversas fontes, com critérios de classificação e demarcação temporal próprios de cada uma delas e bastante diferenciados, algumas conclusões bastante gerais podem ser obtidas. As atividades que mais concentram acidentes catastróficos são transporte e produção, sendo ambas, responsáveis pela maioria de fatalidades imediatas. No caso dos acidentes industriais, são principalmente eventos como explosões e incêndios envolvendo líquidos e gases inflamáveis os responsáveis por grande parte dos mesmos, atingindo primordialmente, em sua maioria, os próprios trabalhadores. Segundo o autor, isso não significa que os acidentes envolvendo emissões - inclusive por meio da combustão - em transporte ou produção não sejam menos perigosos. Entretanto, caracterizam-se mais por impactos sobre a saúde a longo prazo atingindo, em termos quantitativos, igualmente trabalhadores e comunidades.

## 1.5 EFEITOS DEVASTADORES DOS ACIDENTES INDUSTRIAIS CATASTRÓFICOS

Finalizando, para enfatizar os efeitos devastadores que alguns desses acidentes proporcionaram, são apresentados nas fotos que se seguem alguns acidentes catastróficos, envolvendo os efeitos mencionados.

Na Foto 2 tem-se um incêndio de grandes proporções ocorrido em 4 de janeiro de 1966 em Feyzin, na França, num parque de armazenamento de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), envolvendo quatro esferas de propano e quatro esferas de butano com capacidades de, respectivamente, 1.200 m$^3$ e 2.200 m$^3$ cada.

**Foto 2 -** Incêndio em parque de armazenamento de GLP.
Fonte: Lees (1996).

A Foto 3 apresenta uma *Unconfined Vapor Cloud Explosion* (UVCE) ocorrida em 1º de junho de 1974 em Flixborough, Inglaterra, em uma planta de ciclo-hexano deixando um saldo de 28 mortos e 36 feridos, além de prejuízos materiais em torno da planta.

**Foto 3** - UVCE.em uma planta de processo.
Fonte: Lees (1996).

A Foto 4 apresenta uma vista parcial de uma *Boiling Liquid Expansion Vapor Explosion* (BLEVE) ocorrido em 19 de novembro de 1984 em San Juan Ixhuatepec, México, em esferas de GLP de uma refinaria de petróleo, ocasionado mais de 500 mortes e cerca de 7.000 feridos, uma das maiores catástrofes ocorridas em comunidades próximas de uma refinaria.

**Foto 4** - BLEVE em esferas de GLP.
Fonte: Lees (1996).

A Foto 5 apresenta uma vista parcial do atendimento médico e do resgate de feridos no desastre ocasionado por vazamento de metil isocianato, ocorrido em Bhoplal, Índia, em 1984, com mais de 2.500 mortes e mais de 20.000 feridos, que deixou sequelas até hoje.

**Foto 5 -** Atendimento às vítimas no desastre de Bhopal.
Fonte: [S.l.: s.n., 1984?].

A Foto 6 mostra a explosão ocorrida em 1986 em um reator nuclear na Usina de Tchernobyl, na Rússia, com 50 mortes imediatas e mais de 300.000 pessoas evacuadas.

**Foto 6** - Explosão de um reator nuclear de Tchernobyl.
Fonte: [S.l.: s.n., 1986?].

A Foto 7 apresenta o incêndio em bola de fogo ocorrido em 6 de julho de 1988, que destruiu a plataforma de *Piper Alpha* no Mar do Norte, com 167 pessoas mortas.

**Foto 7 -** Incêndio em *fireball* na plataforma de *Piper Alpha*.
Fonte: BBC News (1999).

Em 3 de junho de 1989, em Pasadena, Texas, nos Estados Unidos, uma explosão em UVCE praticamente destruiu toda a planta de processamento de polietileno do Complexo Petroquímico PHILIPS 66 com 23 mortes e mais de 300 feridos, conforme mostrado na Foto 8.

**Foto 8** - UVCE em planta de processamento de polietileno.
Fonte: Lees (1996).

## 1.6 FORMULAÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA

Na visão hodierna da indústria de processamento, as grandes corporações estão estruturadas em Áreas de Negócios (AN), por exemplo, Petroquímicos Básicos, Fertilizantes Nitrogenados, Abastecimento, Gás & Energia, Exploração & Produção (E&P), áreas de apoio (Financeira, Serviços) e áreas corporativas compartilhadas diretamente ligadas à Alta Administração.

Essa estrutura incorpora o conceito de Unidade de Negócios (UN) com seus Ativos de Produção (ATP) e suas Plantas de processamento, vinculadas às suas respectivas áreas de atuação. Com esse conceito, cada uma delas opera com mais autonomia nas decisões e independência para administrar orçamentos e investimentos com metas e resultados, sendo responsável pela gestão da produção, instalações operacionais e administrativas, com apropriação de receitas e custos. Dessa forma, é possível se avaliar cada atividade da corporação com mais precisão, corrigir desvios do planejado, enfatizar bons desempenhos e atuar com rapidez sobre os mais críticos.

Nesse cenário, considerando o foco deste trabalho que é a indústria petroquímica, num complexo petroquímico, a Área de Negócios de Petroquímicos Básicos realiza o processamento primário[6] de produtos (p. ex., amônia) e outros hidrocarbonetos (p. ex., eteno,

[6] Na indústria de processamento, é a maneira estruturada, controlada e medida, através da qual matérias primas e insumos são transformados mediante operações unitárias seguindo leis, equações e correlações da Engenharia Química, contemplando equações de estado, balanços de material e de energia colocados em jogo durante a transformação, considerando ainda as necessidades dos clientes e as exigências ambientais.

propeno, butadieno), gerando novos produtos, como por exemplo, produtos petroquímicos de segunda geração como fertilizantes nitrogenados (p. ex., uréia), plásticos (p. ex., polietileno, polipropileno). Os de segunda geração podem ainda ser processados novamente gerando outros produtos, como por exemplo, propileno glicol, polibutadieno, policarbonato. E assim por diante, sendo transformados em outros produtos até o consumo final.

Da mesma forma, e a título meramente ilustrativo para se fazer um paralelo com a indústria petroquímica, *mutatis mutandis*, uma Área de Negócios, por exemplo, a de E&P, que também integra a cadeia produtiva da indústria de processamento, aparece como responsável pela pesquisa, localização, identificação, desenvolvimento, produção e incorporação de reservas de hidrocarbonetos, tendo como foco as atividades de explorar, perfurar, extrair, produzir e realizar o processamento primário desses fluidos. Logo a seguir, nessa cadeia produtiva, o segmento Abastecimento tem como objetivo o processamento propriamente dito e o refino do petróleo entregue pelo segmento E&P, transformando-o em diversos produtos, dentre eles o asfalto, óleo combustível, óleo lubrificante, óleo Diesel, gasolinas, naftas, querosenes, propano, butano, GLP, etano, dentre outros.

Alguns exemplos de Plantas de processamento de petroquímicos básicos podem ser: Plantas de Processamento de Gás (PPG's), Plantas de Compressão de Gás (PCG's), Plantas de Processamento de Petroquímicos Básicos (PPPB's), Plantas de Armazenamento e Movimentação de Hidrocarbonetos (PAMH's), Gasodutos (amoniodutos, etenodutos, propenodutos) para transporte e movimentação de produtos petroquímicos, dentre outros.

Focadas as Plantas que são passíveis de processar petroquímicos básicos, o que se buscará ao longo deste trabalho será estabelecer uma metodologia estruturada de gerenciamento de riscos de processo com ferramentas adequadas, aplicá-la nas referidas Plantas, procurando buscar evidências que sustentem a utilidade da metodologia proposta.

## 1.7 RELEVÂNCIA DO TEMA

Como visto anteriormente no item 1.1, com o avanço observado nas ciências dos materiais, tem-se constatado, ultimamente, um substancial incremento no uso cada vez mais freqüente de tecnologias sofisticadas na indústria de processamento petroquímico, envolvendo elevadas pressões e temperaturas e com manuseio de fluidos com altas vazões. Esse conjunto de circunstâncias requer e justifica, portanto, uma abordagem gerencial e sistêmica para o

tratamento dos problemas relativos à perda de confinamento de energia e/ou matéria que dêem origem a incêndios, explosões e vazamentos tóxicos ou inflamáveis.

A relevância principal do tema Gerenciamento de Riscos de Processo em Plantas de Petroquímicos Básicos (mais, adiante), será pesquisar não conformidades de uma dada Planta, objetivando a minimização de seus riscos de acidentes de natureza estocástica e seu gerenciamento no sentido mais lato, de forma perene, organizada, eficaz, mensurável e auditável.

Os resultados que serão obtidos com a pesquisa em tela são relevantes, pois promovem o preenchimento de uma importante lacuna existente na gestão de riscos e, por conseguinte, interessa à corporação como um todo. É, destarte, uma poderosa ferramenta dos métodos de gestão, contribuindo para a melhora de seu desempenho operacional, redução de perdas, aumento de produtividade, redução de seus riscos intrínsecos e próprios da atividade de processamento de fluidos, aumento dos índices de desempenho pela melhor alocação dos recursos humanos e materiais, uma atuação mais responsável em prol da melhoria da sua imagem.

Interessa também à sociedade, que poderá se beneficiar, por exemplo, com a redução da freqüência de vazamentos de matéria e/ou energia dos processos produtivos. Da mesma forma, ao meio ambiente, uma vez que, com a redução de vazamentos e derrames de resíduos e poluentes, seus ecossistemas terão menores períodos de recomposição. Enfim, pode ser obtida toda uma plêiade de benefícios diretos, tangíveis e intangíveis, para as partes envolvidas.

Tais resultados abrem também um vasto leque de perspectivas de interesse para a pesquisa científica e tecnológica em atividades de fronteira, uma vez que a implantação de um gerenciamento de riscos de processo (aqui, o processamento de materiais e insumos, como acima mencionado) certamente demandará um salto na demanda de produtos e serviços que agreguem e aportem valor de alta densidade tecnológica na produção de conhecimentos, contribuindo para o aumento da velocidade de consecução da gestão dos negócios, um dos grandes desafios a serem vencidos por qualquer corporação, não só em termos de operacionalidade no atendimento à legislação ambiental, bem como em termos de custos.

Podem ser vislumbrados avanços, por exemplo, em lacunas de pesquisas no campo das ciências de materiais e das engenharias da confiabilidade de sistemas e estrutural, com a melhoria tecnológica com a criação de aplicativos mais rápidos e mais confiáveis para pesquisar e compreender melhor as falhas das instalações; no campo das ciências da engenharia química, mecânica dos fluídos, termodinâmica e transferência de massa e de calor,

com o desenvolvimento, melhoria e validação da modelagem de mecanismos de vazamentos e de seus efeitos físicos que se manifestem sob forma de energia e/ou matéria através de radiações térmicas (incêndios em poça, em nuvem, em jato, em bola de fogo), de sobrepressões de pico (deflagrações, detonações, explosões em nuvens confinadas e não confinadas), de dispersões atmosféricas de gases tóxicos (concentrações que acarretem intoxicações crônicas e agudas); nas matemáticas, estatística e no campo das probabilidades, através da implementação de funções de distribuição estocástica que modelem de forma mais rápida, exata e econômica os comportamentos das falhas aleatórias não auto-evidenciáveis através de testes acelerados de protótipos com modelos de simulação matemática.

Mencione-se também o campo das ciências ambientais e da hidrodinâmica, com a melhoria no conhecimento dos fenômenos de interação entre os movimentos no contínuo de corpos d'água tendo em vista escoamentos multifásicos encontrados em derrames de produtos petroquímicos e seus impactos na flora e fauna aquáticas.

Isso é uma realidade inquestionável que já vem sendo observada nessa última década, através da demanda cada vez mais latente com que as grandes corporações vêm pressionando centros de excelência mundo afora, seja junto às mais renomadas universidades, centros de pesquisa, laboratórios, enfim, entidades do topo da elite e do estado da arte da produção científica, intelectual e tecnológica nas áreas mencionadas. Afigura-se, portanto, como altamente promissor pelas inúmeras possibilidades e multidisciplinaridade do tema, o desenvolvimento que o efeito multiplicador que a atividade de processamento poderá trazer no campo da pesquisa. Estando aí incluída toda a gama de atividades do gerenciamento de riscos, não só do ponto de vista estratégico como do de consolidação da corporação num mercado globalizado e altamente competitivo.

## 1.8 OBJETIVO DO TRABALHO

Segundo Richardson (1999), o ponto inicial de qualquer pesquisa é a meta ou o objetivo. Em um segundo momento, desenvolve-se um modelo ou metodologia de processo que será estudado ou do fenômeno que será manipulado. Posteriormente, vem a coleta de informações ou a utilização de dados já coletados. Comparam-se os dados e o modelo ou metodologia em um processo de avaliação, que consiste simplesmente em estabelecer se os dados e a metodologia têm sentido. Se o modelo ou a metodologia não dá conta dos dados,

procede-se a sua revisão - modificação ou substituição. Assim, o método científico é um processo dinâmico de avaliação e revisão.

Este trabalho foca o desenvolvimento de uma metodologia estruturada de GRP, ou seja, o gerenciamento dos riscos das atividades de processamento de matérias primas, insumos e/ou produtos delas derivados, ou com elas relacionados, onde o termo gerenciamento denota uma abordagem geral e sistêmica compatível com o termo processo, pois enfeixa o conceito de algo que se planeja, desenvolve, verifica ("checa") e atua, em consonância com o estabelecido no ciclo PDCA adotado pela Gestão da Qualidade Total.

O que o presente trabalho busca como objetivo principal, é justamente lançar luz sobre como preencher essa lacuna existente entre "o que fazer" contido nas prescrições do *modus operandi*, permeando tal visão estratégica em conteúdo operacional em todos os segmentos e atividades produtivas da corporação, em *modus fasciendi* de "como fazer" e "com quem fazer", esquematizados organizadamente através do GRP em elementos de gestão, sob forma de procedimentos que levem a resultados que possam ser mensurados, cotejados e auditados.

Num sentido mais lato, os objetivos estratégicos a serem alcançados com o presente trabalho será o desenvolvimento de uma metodologia - do que, como e com quem fazer, que compõe um GRP, que seja aplicável às atividades de engenharia, processamento de fluidos, operação, movimentação e estocagem, permeadas, fundamentalmente, por seus elementos em Plantas que processem petroquímicos básicos.

## 1.9 DELIMITAÇÃO

Em virtude da abrangência do assunto, a diversidade de tipos e a grande quantidade de instalações da indústria de processamento petroquímico, o trabalho foi delimitado às instalações de processamento de produtos petroquímicos básicos, tendo como base de conteúdo o segmento *upstream* de processo.

Deve ser esclarecido, no entanto, que o segmento *upstream* de processo serviu apenas como referência para a realização do estudo, por apresentar perfil e características semelhantes em quase todas as instalações de processamento, destacando-se que o trabalho busca focar apenas as plantas de processamento de petroquímicos básicos, desvinculando as mesmas das especificidades das instalações da indústria de petróleo e da PETROBRAS, ou

seja, o que está em estudo são as “plantas de processo de petroquímicos básicos” e não as “instalações de processamento de petróleo da PETROBRAS”.

O fato de o trabalho se limitar às plantas de processamento de petroquímicos básicos não abordando as demais plantas, deve-se ao interesse estratégico pelas primeiras na cadeia produtiva da indústria petroquímica.

Dentre as operações unitárias realizadas em plantas petroquímicas, optou-se por estudar apenas aquelas que são utilizadas nas PPG’s, PCG’s e PPPB’s devido às suas características abrangentes, na medida em que envolvem a maioria das operações unitárias mais importantes (separação, compressão, absorção, destilação, transferência de calor, dentre outras) por sua relevância estratégica e também por se enquadrarem nos requisitos dos referenciais técnicos adotados para gerenciamento de riscos de processo, conforme será visto no item 2.7.2 - Escolha das Plantas petroquímicas com base nos critérios.

Deve ser ainda mencionado que alguns pontos relacionados com sitemas de GRP, como por exemplo, os elementos de gestão utilizados nos referenciais técnicos, serão abordados mais detalhadamente no item 2.6 - Comparação entre referenciais mais importantes sobre GRP. Da mesma forma, a delimitação do enfoque, a aplicação e os resultados obtidos com a metodologia estruturada que será desenvolvida, serão tratados no capítulo 5, item 5.4 – Detalhamento da metodologia estruturada de GRP por elemento de gestão.

Na mesma linha, a delimitação dos riscos ocupacionais e riscos ambientais será tratada no capítulo 4, Da conceituação teórica dos riscos industriais e sua delimitação.

## 1.10 METODOLOGIA DA PESQUISA

Conforme Richardson (1999), método vem do grego méthodos (*meta* = além de, após de + *ódos* = caminho)

Portanto, seguindo sua origem, método é o caminho ou a maneira para chegar a determinado fim ou objetivo, distinguindo-se assim, do conceito de metodologia, que deriva também do grego *méthodos* (caminho para chegar a um objetivo) + *logos* (conhecimento). Assim, a metodologia são os procedimentos e as regras utilizadas por determinado método. Exemplificando, o método científico é o caminho da ciência para chegar a um objetivo. A metodologia são as regras estabelecidas para o método científico, por exemplo: a necessidade de formular hipóteses, de observar, elaborar instrumentos, etc.

Francis Bacon e René Descartes foram os pensadores que mais contribuíram para o desenvolvimento de um método geral de conhecimento. Bacon criou o método indutivo, que consiste em concluir o geral do particular que é obtido pela experiência e observação, ou seja, um conjunto de regras, um processo, para observar fenômenos partindo de dados ou observações particulares constatadas e inferir conclusões chegando a proposições gerais.

Descartes têve outra percepção da questão dos métodos de conhecimento, e não acreditava na indução, mas sim na dedução. Considerava que qualquer conhecimento deve se rigorosamente demonstrado e inferido de um princípio geral, único e fidedigno. Toda ciência deveria ter o rigor da matemática, e o critério para que o conhecimento seja verdadeiro é a clareza e a evidência.

Ainda segundo Richardson (1999), o método científico fundamenta-se na observação do mundo que nos rodeia. E essa observação, definida em termos amplos, não está restrita apenas ao que é visível; inclui todos os sentidos. As primeiras observações podem ser informações da própria experiência das pessoas ou dados obtidos por meio da leitura de algum texto referencial. O importante é que essas observações devem sensíveis, mensuráveis e passíveis de repetição, para que possam ser observadas por outras pessoas.

A epistemologia do trabalho científico utiliza a estratégia de que qualquer pesquisa científica fundamenta-se em uma rede de pressupostos ontológicos e da natureza humana que definem o ponto de vista que o pesquisador tem do mundo que o rodeia. Tais pressupostos proporcionam a base do trabalho científico, fazendo que o pesquisador tenda a ver e interpretar o mundo de determinada perspectiva.

Em termos gerais, o positivismo lógico é uma linha que enfatiza a ciência e o método científico (física), em que o princípio básico é o significado de uma proposição e seu método de verificação. E segundo o positivismo lógico, o único método possível de ser utilizado para verificar o significado de uma proposição é o método indutivo. A indução é um processo pelo qual, partindo de dados ou observações particulares constatadas, podemos chegar a proposições gerais.

O método dialético é uma oposição ao positivismo lógico, ao interpretar os fenômenos da natureza através da dialética (do grego *diatektiké* = discursar, debater). Ela contempla a tese, a antítese e a síntese, ou seja, respectivamente, um argumento que se expõe para ser impugnado ou contestado, seguido da contradição ao que foi proposto, finalizando com a fusão das duas proposições anteriores que retêm os aspectos verdadeiros de ambas, introduzindo uma perspectiva superior. Essa é a essência do método dedutivo.

O presente trabalho foi desenvolvido baseado no estágio atual do conhecimento sobre gerenciamento de riscos de processo na indústria. Em virtude da natureza do problema formulado e do objetivo desta pesquisa, ela pode ser classificada como: aplicada, qualitativa, exploratória e bibliográfica.

Considerando sua natureza, trata-se de uma pesquisa aplicada, pois objetiva produzir conhecimento para aplicação prática, dirigido à solução de problemas específicos na atividade industrial, relativos ao gerenciamento de riscos de processo.

Da perspectiva da abordagem do problema, é uma pesquisa qualitativa, visto consistir da análise e interpretação de referenciais técnicos e normativos e de dados e de informações disponíveis na literatura, não requerendo, para tanto, o uso de métodos e técnicas estatísticas.

Sob o ângulo de seus objetivos, é uma pesquisa exploratória, na medida em que não tem como foco verificar teorias, e sim conferir maior familiaridade com a problemática, com o fito de torná-la explícita.

Como é elaborada praticamente consubstanciada em material já publicado, constituído principalmente por artigos, normas de caráter abrangente, melhores práticas, compêndios, trabalhos e estudos técnicos, trata-se também de uma pesquisa bibliográfica.

O método dedutivo empregado no presente trabalho tem por objetivo confirmar hipóteses (teses) a partir da interpretação e observação de dados disponíveis nos aludidos referenciais e em sua leitura, atribuindo-lhes um detalhamento operacional e cotejando-os com a realidade das diretrizes e práticas recomendadas de gerenciamento de riscos na indústria de processamento.

Por outro viés, o método indutivo, também empregado para formular suas conclusões e recomendações, permitiu a inferência de dados e informações gerais advindos da constatação de que os onze elementos de gestão do GRP quando aplicados em cada Planta de processo isoladamente, geraram resultados estruturados consistentes, com denominadores comuns, possibilitando a extrapolação para uma perspectiva de sentido amplo.

Por se tratar de um típico estudo qualitativo, a identificação sistemática das informações foi precedida da imersão do autor no contexto a ser estudado. A leitura da bibliografia disponível, a reflexão, experiências profissionais e a familiarização com o tema, permitiram focalizar o problema a ser investigado e formular mais facilmente, a partir do mesmo, as hipóteses a serem trabalhadas.

Essa leitura possibilitou colocar o autor tendo acesso ao campo com imersão no contexto do problema, por fazer parte da atividade profissional cotidiana do mesmo, que é engenheiro químico e engenheiro de segurança do trabalho e que vem se dedicando e

consolidando durante mais de três décadas, suas experiências e avaliações profissionais nos campos das engenharias de processamento químico, petroquímico e de petróleo, e no campo da engenharia de segurança, com foco na avaliação e gestão de riscos. A obtenção das informações não exigiu, destarte, ação específica previamente planejada; elas foram oriundas da observação natural e não estruturada de fatos, comportamentos e cenários, principalmente na indústria brasileira química, petroquímica e de petróleo, cujas instalações são operadas em diversos estados do Brasil.

Como complementação à percepção do autor, entrevistas semi-estruturadas foram encetadas com os atores diretamente relacionados com a operação das instalações e o gerenciamento de riscos de processo, que atuam na atividade de produção de petroquímicos básicos bem como com os que atuam nas áreas de prestação de serviços de engenharia e de consultoria técnica.

As fontes principais dos dados e informações foram os referenciais técnicos relacionados com sistemas de gestão de riscos de processo, normas, artigos e compêndios de autores de notório saber nesse ramo de gestão, além de matérias pertinentes de revistas especializadas.

A análise e interpretação dos dados e informações se fizeram através de um processo continuado, em que se buscou desvendar seus significados e alcance. À medida que as informações e aspectos relevantes foram sendo coletados e identificados nas fontes de informação selecionadas inicialmente, novas questões emergiram, tornando necessário incluir outras fontes na pesquisa. O autor procurou construir interpretações que geraram novas indagações, o que, por seu turno, o levou a buscar novos dados e respostas, num processo iterativo que culminou com a análise final, com material bastante para confirmar suas percepções e hipóteses.

A interrupção da inclusão de novas fontes se deu quando se tornou mais rarefeita a aquisição de novas informações, e as então obtidas foram consideradas suficientes para abordar o problema.

### 1.10.1 **Questões abordadas no trabalho**

As experiências de sucesso obtidas no campo da gestão de empresas de processamento indicam que muitas práticas recomendadas e padrões industriais internacionais estabelecem

um mínimo de requisitos freqüentemente excedidos pelas corporações, que reconhecem a necessidade de se ir pró ativamente mais além no gerenciamento dos riscos, como pano de fundo para alavancar a obtenção de vantagem empresarial competitiva.

Dessa forma, é de vital importância a qualquer empresa que atue no segmento de produção química, petroquímica ou petrolífera, a preocupação, a inquietação e vigilância diuturnas em identificar, conhecer, tratar, intervir tempestivamente e gerenciar os riscos de suas atividades, pois suas operações envolvem, intrinsecamente, falhas de ocorrência aleatória de instalações, muitas delas não auto-evidenciáveis que quando ocorrem, fatalmente envolvem vazamentos de energia e/ou matéria, com conseqüências potencialmente catastróficas.

Tal preocupação existe não somente pelas ações de comando-controle, que por força de diplomas legais são encetadas pelos Órgãos de controle ambiental, mas também, e principalmente, por conta da nova postura que as grandes empresas passaram a adotar perante a sociedade, da qual fazem parte, em conduzir seus negócios de forma transparente, ética e com responsabilidade social corporativa.

Daí ser fundamental se responder as seguintes perguntas:

- Por que e como as Plantas de processo falham?
- Com que freqüência elas falham?
- O que pode acontecer e com que extensão serão impactados os recursos vulneráveis dentro e fora de seus limites de propriedade quando essas instalações falham?
- Caso isso não possa ser evitado, o que pode ser feito então para elas não falharem e o que pode ser feito depois que elas falharem?

Responder tais questionamentos de forma pronta, eficaz, constante e sistematizada implica em um grande desafio para o segmento *upstream* de processo por ter que dispor de mecanismos de gestão competente e tenaz, para se garantir a eficácia de suas operações, envolvendo o domínio dos seguintes campos de conhecimento multidisciplinar, dentre outros:

- Mapeamento dos processos e distribuição percentual de todos os riscos de cada sistema e subsistema da instalação de produção;
- Pesquisa de cenários de acidente e de tipologias das vulnerabilidades dos recursos dentro e no entorno da instalação;
- Mapeamento de áreas vulneráveis a danos causados por acidentes possíveis de ocorrer;
- Pesquisa de pontos críticos e de não conformidades existentes nas instalações, sob o aspecto de segurança e proteção aos recursos vulneráveis limítrofes e ao meio ambiente;

- Intervenções de *hardware*, *software* e de procedimentos, objetivando melhorar as condições de risco;
- Otimização na alocação de recursos humanos e materiais na elaboração de Planos de Contingência quando da falha das instalações, com adoção de rotinas de ação de emergência específicas para os cenários de acidente pesquisados;
- Criação de mecanismos através de instrumento de diálogo para negociar ações conjuntas, participativas e contrapartidas com Órgãos de controle ambiental e comunidades.

## 1.11 RESULTADOS OBTIDOS COM O TRABALHO

Além da estrutura do GRP, dos diagnósticos que serão obtidos sobre as conformidades e não-conformidades e dos planos de ação que poderão ser estabelecidos para cumprir o ciclo PDCA preconizado nos Sistemas de Gestão pela Qualidade Total, outros produtos poderão colateralmente também ser obtidos com o gerenciamento dos riscos de processo, quais sejam:

- Gerenciamento mais efetivo de recursos, eventos, programas e atividades;
- Visão clara dos objetivos e resultados do negócio;
- Benefícios decorrentes da identificação sistemática das deficiências organizacionais;
- Aperfeiçoamento da comunicação, tanto interna quanto externa;
- Promove a uniformidade de procedimentos, permitindo maior confiança da força de trabalho com as Plantas;
- Aprimoramento da conformidade legal, aderência aos regulamentos ou outras exigências legais;
- Custos menores e previsões orçamentárias mais precisas;
- Melhora da imagem e da reputação da empresa;
- Maior compromisso visível e responsabilidade do corpo gerencial e da alta administração;
- Maior participação e interesse da sociedade no negócio e na empresa;
- Uma organização melhor gerenciada capaz de sustentar os objetivos do negócio.

Para o desenvolvimento da metodologia para implantação de GRP como visto no item 1.7 - Relevância do tema, será necessário se estabelecer uma estrutura com dados gerais obtidos a partir de referenciais técnicos e teóricos. A metodologia será então detalhada e será alvo de trabalho de pesquisa de campo para testar sua aplicabilidade mediante questionários,

entrevistas, observações e avaliações *in loco* em Plantas típicas mais importantes de processamento de produtos petroquímicos básicos.

Em seguida diagnosticar-se-á essas instalações quanto à suas conformidades ou não-conformidades, face aos referenciais adotados para que com isso validar não só a metodologia estruturada dos elementos de gestão do GRP, mas também estabelecer os insumos para se desenvolver e estabelecer planejamento estratégico posterior. Através de planos de ação específicos, terá início então o ciclo PDCA, essência do gerenciamento de riscos de processo.

Comprovadas as teses acima, será demonstrado que tais resultados produzirão um cabedal de conhecimentos técnicos formando uma memória técnica e uma base de conteúdo consolidada, funcionando como uma alternativa técnica, um modelo de gestão de conhecimento e capacitação, de modo a poder internalizá-lo e permeá-lo de forma perene e sistemática em instalações similares de produção e processamento de petroquímicos básicos do segmento *upstream* de uma corporação, semelhantes às pesquisadas.

Nesse contexto, serão definidas também propostas de atribuições dos gerentes responsáveis pela implantação da estrutura, premissas para suas atuações, comprometimento visível da alta gerência, papel de cada gerente, atribuições gerais e atribuições específicas dos diversos atores envolvidos.

## 1.12 - ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

Os dez capítulos que compõem o trabalho "Gerenciamento de Riscos de Processo em Plantas de Petroquímicos Básicos - uma proposta de metodologia estruturada", se referem aos aspectos teóricos, metodológicos e experimentais, particularmente no que dizem respeito à gestão dos riscos de acidentes industriais catastróficos envolvendo produtos perigosos, focalizando temas relacionados com a origem desses acidentes no próprio processo, nos locais de trabalho, no elemento humano, considerando que seu controle e sua prevenção acontece começando exatamente por aí, de modo a contribuir efetivamente para reduzir tanto a freqüência, como a conseqüência, e/ou ambas, desses acidentes.

No capítulo 1, "Introdução", são apresentadas as considerações iniciais sobre o assunto abordado, citando, dentre outros aspectos, um panorama internacional atual sobre sistemas de o gestão de riscos de processo, perfil qualitativo dos acidentes catastróficos, contextualizando os fenômenos e mecanismos de transporte e os principais efeitos

(catastróficos) de incêndios, explosões, dispersões e combinações entre eles, passando pelo perfil quantitativo e a formulação da situação-problema do que consiste um gerenciamento de riscos de processo e as instalações contempladas. São apresentados também a relevância do tema, objetivo do trabalho, a delimitação dos tipos das instalações petroquímicas, a metodologia adotada na pesquisa, as questões abordadas e os resultados que se pretende alcançar com o trabalho. Após situar o problema e destacar a necessidade de superá-lo, o autor demonstra com a abordagem conferida necessita estar presente nas diversas fases da prevenção (estrutural, operacional e mitigadora).

No capítulo 2, “Referenciais técnicos e revisão bibliográfica – normas API RP 750, OSHA 1910.119 e diretrizes AIChE/CCPS para riscos de processo”, em linhas gerais, são abordados temas como o panorama internacional atual sobre sistemas de gestão de riscos de processo, a gênese dos referenciais técnicos, a vigência dos mesmos, sobretudo da API RP 750, além de apresentar uma discussão sobre a abrangência e o foco desses referenciais, critérios sobre a priorização e escolha das Plantas. São também apresentados de forma inicial os quatro referenciais que serviram de pilares para o desenvolvimento da metodologia estruturada no presente trabalho, bem como os onze elementos de gestão de riscos, além de aspectos de gestão de conhecimentos com a percepção do autor sobre o tema.

Em “O gerenciamento de riscos, a engenharia de segurança de sistemas e a gestão de sistemas”, capítulo 3, é enfocada a contextualização e a correlação que existe entre gestão de riscos, segurança de sistemas e gerenciamento de sistemas, como uma peça integrada em uma corporação. Trafega pelo âmbito da corporação ser vista como um sistema que opera e tem vida mediante o mapeamento e a gestão integrada de todas as partes.

Quando trata da questão, o autor chama atenção para um ponto interessante que é o paradoxo observado nos projetos das plantas petroquímicas mais recentes nesses cinco últimos anos, em que evolução tecnológica do pós-guerra, com mais automação industrial, espaços cada vez mais reduzidos entre as plantas de processos, acaba por da introduzir novos riscos.

Faz uma abordagem de como os riscos podem ameaçar uma empresa, mencionando a problemática de como tratá-los através da mudança de cultura e da necessidade de se ter um sistema estruturado para fazer face esses desafios. Tange na questão dos recursos requeridos, passando por um viés de sua aplicação na área de seguros, sem deixar de abordar a percepção sistêmica e diferenciada de gestão integrando a gestão de sistemas com a de processos.

No capítulo 4, “Da conceituação teórica dos riscos industriais e sua delimitação”, são tratadas questões referentes à contextualização dos conceitos e fundamentos teóricos dos

riscos industriais, definição de sua delimitação, apresenta como é feita a modelagem de cálculo, a problemática do cálculo das freqüências, conseqüências e vulnerabilidades, e, fechando o tópico, onde circunscreve o escopo do trabalho explanando por que não foram contemplados os riscos ecológicos no presente trabalho.

Em "Da metodologia estruturada para GRP", capítulo 5, o autor apresenta a construção da metodologia do GRP, iniciando com as premissas adotadas, apresentando as atribuições gerais e específicas de sua administração, do comitê de gestão, seguidas do desenvolvimento propriamente dito, focando detalhadamente seus quatro pilares e seu uso entrelaçado.

Com base em experiências profissionais anteriores, o autor segue com o detalhamento da estrutura por elemento de gestão, desdobrada em três tópicos fundamentais e sistematizados nos onze elementos que são: introdução, objetivo e desenvolvimento da estrutura. Esse construto visa sua aplicação em três tipos de Plantas - PPG, PCG e PPPB, buscando, respectivamente, conforme apresentado nos capítulos 6, 7 e 8, testar a aplicabilidade da metodologia proposta.

Nos capítulos 6, 7 e 8, que tratam, respectivamente, da "Resultados obtidos com a aplicação da metodologia estruturada de GRP nas Plantas PPG/ORION - Capítulo 6, PCG/AQUILA - Capítulo 7 e PPPB/DÆDALUS - Capítulo 8"[7] , o autor explana os fundamentos usados fazendo a contextualização de como os resultados encontrados no desenvolvimento da metodologia foram aplicados nessas Plantas de processo, explicita os objetivos de sua pesquisa e aplica os questionários da pesquisa abrangendo cada um dos onze elementos de gestão do GRP em cada uma das três Plantas.

No capítulo 9, "Análise dos resultados obtidos com a aplicação da metodologia estrutrada proposta de GRP", primeiramente é feita uma contextualização sobre os riscos inerentes à indústria de processamento, e as interfaces entre os sistemas de gestão integrada de segurança e o gerenciamento de riscos. O autor aborda esse aspecto, com base em suas percepções obtidas ao longo da pesquisa feita nas três Plantas.

Em cada um dos elementos de gestão, são apresentadas sugestões para oportunidade de melhoria em questões importantes e sensíveis como, por exemplo, uso de documentação de processo desatualizada, "vícios sistêmicos" das Análises de Riscos de Processo (ARP's), ciclo

---

[7] Essas Plantas de processo de propriedade da Empresa "E" estão alocadas num de seus Ativos de Produção ("X") da Unidade de Negócios "UN", cujas plantas de processo "PPG", "PCG" e "PPPB" estão em um mesmo complexo petroquímico localizado em um estado da Federação. Os nomes "ORION", "AQUILA" e "DÆDALUS" e as siglas "E", "X", "UN", "PPG", "PCG" e "PPPB" foram atribuídos no presente trabalho para preservar os interesses da Empresa.

de vida das Plantas, critérios de tolerabilidade de riscos, mecanismos de controle de perdas de competências e como isso afeta o risco das plantas, uso de procedimentos de operação desatualizados, trabalho em ambientes confinados, exposição a produtos químicos e doenças ocupacionais, aspectos comportamentais e cognitivos da psique humana nos locais de trabalho, aspectos das deficiências ergonômicas dos projetos e instalações tendo em vista a economia globalizada e os métodos de trabalho atuais, apresentando sugestões para estancar essa perda.

São apresentadas sugestões também para aspectos como uso de manutenção centrada em confiabilidade na garantia da qualidade e integridade de equipamentos críticos, cuidados especiais com a instabilidade dos transientes durante a pré-operação, melhoria nos processos de resposta e atendimento médico nas emergências. Não deixou de ser mencionado também a necessidade de aprimorar técnicas de investigação de acidentes e as lições que podem obtidas com acidentes ocorridos. O capítulo é finalizado fortalecendo a necessidade haver de auditorias no sistema integrado de gestão de riscos para melhorar de forma geral os riscos da Planta.

No décimo e último capítulo, “Conclusão”, o autor aborda questões como barreiras culturais, baixo nível de percepção para o risco e a necessidade de um tratamento interdisciplinar e holístico de toda a problemática que o assunto enfeixa. Sugere novos questionamentos, para serem trabalhados e investigados, como a implementação de novas ferramentas computacionais para acelerar e se ter percepção em tempo real de um sistema de gestão de riscos, uma barreira significativa encontrada durante suas pesquisas.

Considerações são feitas sobre os diagnósticos obtidos com a pesquisa, nos elementos de gestão que, na ótica do autor, pareceram mais críticos foram: Análise de riscos de processo, Gerenciamento de modificações, Garantia da qualidade e integridade mecânica de equipamentos críticos e Controle e resposta a emergência.

Conclui-se, também que, com as evidências encontradas nas pesquisas em três Plantas de processo, pôde-se inferir que a metodologia estruturada proposta no presente trabalho pode ser replicada em outras Plantas de processo semelhantes.

O capítulo é encerrado fazendo-se propostas de trabalhos futuros e continuidade do tema, citando áreas de concentração como, melhoria no atendimento à legislação trabalhista, fenômenos de transporte para melhor entendimento da fenomenologia de incêndios, explosões e dispersões, com melhoria de aplicativos computacionais, mecânica dos fluidos computacional, escoamentos multifásicos, e uso de redes neurais na concepção de aplicativos

que permitam diagnose em tempo real de sistemas de GRP, quer na implantação, quer na manutenção.

# 2 REFERENCIAIS TÉCNICOS E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA - NORMAS API RP 750, OSHA 1910.119 E DIRETRIZES AIChE/CCPS PARA RISCOS DE PROCESSO

Em linhas gerais, neste capítulo são abordados temas como o panorama internacional atual sobre sistemas de gestão de riscos de processo, a gênese dos referenciais técnicos, a vigência dos mesmos, além de apresentar uma discussão sobre a abrangência e o foco desses referenciais, critérios sobre a priorização e escolha das instalações. São também apresentados de forma inicial, os onze elementos de gestão de riscos, além de aspectos de gestão de conhecimentos com a percepção do autor sobre o tema.

## 2.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta considerações sobre elementos que compõem usualmente um sistema detalhado para gerenciamento de riscos de processo orientado para a indústria de processamentos químico, petroquímico e de petróleo, além de mostrar a comparação entre quatro dos mais importantes referenciais técnicos que balizam a questão. Embora esses documentos se sobreponham consideravelmente, em muitos de seus elementos existem substanciais diferenças e distintos focos de aplicabilidade. São abordadas algumas das mais importantes diferenças entre esses referenciais, estabelecendo-se sugestões e detalhes para implementação prática dessas recomendações.

No início da década de 90, o API publicou as práticas recomendas *Management of Process Hazards – API Recommended Practice* - API RP 750. Esse documento tem por objetivo auxiliar na prevenção de ocorrências ou minimizar as conseqüências de liberações de materiais tóxicos ou explosivos para a atmosfera. Visa também o gerenciamento dos riscos de processo durante o projeto, construção, partida, operação, inspeção, manutenção e modificações de instalações de processamento, abrangendo onze elementos de gestão específicos:

- Informações sobre segurança de processo;
- Análise de riscos de processo (ARP);
- Gerenciamento de modificações;
- Procedimentos de operação;
- Práticas de trabalho seguro;
- Treinamento;
- Garantia da qualidade e integridade mecânica de equipamentos críticos;
- Revisão de segurança na pré-operação;
- Controle e resposta a emergência;
- Investigação de incidentes relacionados com o processo;
- Auditoria do sistema de gerenciamento de riscos de processo (GRP).

## 2.2 PANORAMA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DE RISCOS DE PROCESSO (GRP)

De acordo com Taylor (2000), algumas análises de riscos são requeridas por lei. Um dos maiores marcos no desenvolvimento das técnicas de análise de riscos foi a diretriz sobre produtos perigosos estabelecida pela Comunidade Européia, conhecida como Diretiva de Seveso, sob número 82/501. Essa diretiva requeria que todos os países da Comunidade Européia implementassem legislação requerendo, dentre outros aspectos, que corporações com inventários de produtos perigosos acima de um determinado valor, realizassem relatórios de segurança.

Tais relatórios não seriam necessariamente análises formais de riscos, mas, relatórios que pelo menos apresentem lista de acidentes que tenham ocorrido, e as medidas que tivessem sido adotadas para preveni-los.

Ainda conforme Taylor (2000), a legislação e a prática administrativa varia de país para país na Europa. A prática real para alguns deles que apresentaram relatórios completos pode ser observada de forma sumarizada no Quadro 3.

| **ILUSTRAÇÃO DE REQUISITOS TÍPICOS DE RELATÓRIOS CONFORME DIRETIVA DE SEVESO EEC 82/501 (Inclui os aditivos de 19/3/1987 e 24/11/1986)** |
| --- |
| 1. Informações sobre as substâncias:<br>• Nome químico<br>• Número CAS<br>• Nome IUPAC<br>• Fórmula empírica<br>• Pureza e identidade contaminantes importantes<br>• Detecção e métodos de análises usados<br>• Estágios nos quais as substâncias ocorrem ou podem constar de processos<br>• Quantidades das substâncias<br>• Outras substâncias perigosas que possam aumentar os perigos<br>2. Informação sobre as instalações:<br>• Localização geográfica, condições meteorológicas e perigos especiais decorrentes da localização<br>• Descrição técnica geral dos processos<br>• Descrição de setores da planta de processo que sejam particularmente importantes do ponto de vista de acidentes, fontes de perigo, condições sob as quais os acidentes podem ocorrer, e as etapas existentes para prevenir acidentes<br>• Medidas adotadas para assegurar que os equipamentos dedicados a prevenir falhas e assegurar operações seguras estejam operando adequadamente<br>3. Informação sobre as instalações:<br>• Planos de emergência , equipamentos de segurança, sistemas de alarme e equipamentos que possam ser usados na planta<br>• Nome do responsável, seu preposto, ou entidade responsável pela segurança e autorizada a iniciar ações de emergência e informar às autoridades. |

**Quadro 3** - Requisitos da Diretiva de Seveso.
Fonte: Taylor (2000). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

A legislação e a prática administrativa variava de país para país. Um bom exemplo de implementação da diretriz são as Diretrizes do CIMAH/HSE de 1984. Essa diretriz determinava regras detalhadas de como informar e reportar os riscos de uma instalação, mas também estabelecia planos de emergência. A norma alemã *Störfallsverordnung* previa outro conjunto de normas sobre como relatar, porém com foco diferenciado. Havia requisitos relacionados com a descrição da planta de processo, similar às encontradas nas demais nações da Comunidade Européia, mas prescrevia ênfase maior em normas germânicas, com menor

peso na parte de análise de riscos. As normas alemãs continham listas de verificações detalhadas sobre as atividades e medidas técnicas para assegurar a segurança das instalações.

Em várias outras nações européias, o relato conforme legislação foi realizado para as maiores plantas de processo, se aproximou do maior detalhamento possível. O que se pôde constatar dos relatórios elaborados, é que a maioria das instalações foi modificada para reduzir seus riscos, com expressivos acréscimos nos níveis globais de segurança, embora muitas delas já tivessem estabelecido, de antemão, sistemas robustos de gestão de riscos.

Nos EUA, requisitos legais para realização de análises de riscos de processos seguiram a mesma trajetória, aproximadamente na mesma época do que se verificou na Comunidade Européia, consubstanciado em experiência anterior adquirida de forma pioneira pelos norte-americanos na área nuclear.

No contexto americano, o foco era voltado para a área da Prevenção de Perdas (mais, adiante no item 2.3), tema mais amplo do que o escopo previsto para Análise de Riscos. Muito do esforço que foi despendido em plantas de processo, estava relacionado com a execução da técnica de Árvores de Falha para descrever falhas de instalações, encetados pela *U. S. Coast Guard* e pelo *U. S. Bureau of Mines* e trabalhos realizados pela DOW CHEMICAL COMPANY, com base no Índice DOW, e no trabalho da MONSANTO, baseado em Árvores de Falhas. Mais recentemente, o AIChE/CCPS, produziram uma extensa série de metodologias e relatórios de pesquisa para superar as Análises de Riscos de Processo.

Em 1989, o Governo do Estado da Califórnia, nos EUA, através de seu Escritório de Serviços de Emergência, publicou seu *Guidance for the Preparation of a Risk Mangement and Prevention Program.*

Em julho de 1990, a OSHA anunciou audiências para a proposta de regulamentação da lei federal *Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals*, 29 CFR Parte 1910, cujos detalhes encontram-se descritos no item 2.3 a seguir.

Por outro lado, nos EUA existe a lei do direito de saber (*Right to Know Act*) que requer que seja feita declaração pública sobre os riscos de instalações perigosas particularmente relacionadas com acidentes possíveis de ocorrer e formulando as bases necessárias para as ações de emergência. Atualmente, para os Órgãos de controle as ARP's são fundamentadas em Análises Preliminares de Riscos e *Hazard and Operability Studies* (HAZOP's). Para instalações de pequeno porte, são requeridas análises fundamentadas em listas de verificação. Em alguns países, são requeridas Análises Quantitativas de Riscos.

Mais recentemente, tem havido evolução nos requisitos de análise de riscos. Requisitos para instalações *offshore* têm se tornado essencial no projeto de plataformas de

produção de óleo e gás na Noruega e na Dinamarca, desde o início da década de 80. Com a publicação do Relatório Cullen após o acidente da Plataforma de *Piper Alpha*, no Mar do Norte, os requisitos de Análises de Riscos formais passaram a ser estendidos nos setores britânicos do Mar do Norte.

Após as legislações estabelecidas na Europa e nos EUA, um grande número de países em desenvolvimento passou a estabelecer legislações requerendo *safety cases*[8] baseados em análises de riscos de processo para novos empreendimentos. Alguns deles chegando mesmo a ultrapassar os níveis de exigência praticados na Europa e nos EUA, tendo sido citados por Taylor (2000) exemplos desses casos, como Brasil, Venezuela e Indonésia.

## 2.3 DA GÊNESE DOS REFERENCIAIS SOBRE SISTEMAS DE GRP

Conforme De Cicco e Fantazzini (1981), no início do prevencionismo, em diversos países surgiram ações que tendiam a prevenir danos aos indivíduos decorrentes de atividades laborais, com normas e dispositivos legais de reparação de danos (lesões).

Por outro lado, estudos de H. W. Heinrich e Roland P. Blake de 1931 focavam a necessidade de ações que objetivassem prevenir acidentes.

Após os trabalhos de Heinrich, surgiriram outros estudos como o de Frank Bird Jr. de 1966, sobre controle de danos, que contemplava quatro aspectos básicos: informação, investigação, análise e revisão do processo e o de John Fletcher, de 1970, sobre controle total de perdas com o fito de eliminar todos os acidentes que pudessem interferir ou paralisar um sistema.

Em 1972, Willie Hammer, especialista em segurança de sistemas, reuniu diversas técnicas usadas na Força Aérea americana para aplicação e adaptação na indústria, demonstrando sua utilidade na preservação de recursos humanos e materiais nos sistemas de produção.

Conforme a OSHA (1993), em virtude dos acidentes catastróficos ocorridos na UNION CARBIDE em Bhopal, na Índia, em 1984 (Foto 5); na PHILIPS PETROLEUM em Pasadena, Texas, em 1989 (Foto 8); na BASF, em Cincinati, Ohio, em 1990; e na IMC, em Sterlington, Lousiana, em 1991, nos EUA, mobilizaram as autoridades daquele país a

---

[8] Estudos de casos na área de Segurança de Processo.

desenvolverem legislação e regulamentos para minimizar o potencial catastrófico de tais eventos.

Ainda em 1988, o governo americano que já vinha se preocupando com o assunto, encomendou um relatório ao Escritório de Consultoria *Organization Resources Counselors*, de Washington, D. C., publicado em dezembro de 1988, denominado *Recommendations for Process Hazards Mangement of Substance with Catastrophic Potential*.

A partir daí, em 1989, o passo pioneiro e decisivo nesse sentido foi dado pelos Estados Unidos, que passaram a se preocupar seriamente com o problema. O AIChE/CCPS com seus *Guidelines for Technical Management of Chemical Process Safety*, um sistema de gerenciamento de riscos bastante amplo, dirigido às indústrias de processamento químico, estabelecendo doze elementos de gestão, desdobrados em dezesseis níveis, através de um detalhado programa de gerenciamento de riscos de processo. Ato contínuo ao documento do CCPS, o API publicou em janeiro de 1990 suas práticas recomendadas denominadas *Mangement of Process Hazards*, de número *API Recommended Practices 750, First Edition, January 1990*[9], ou API RP 750.

Logo após as iniciativas pioneiras e pró-ativas do CCPS e do API, em 17 de julho de 1990, o governo americano, através da OSHA, do *U. S. Department of Labor*[10], publicou no *Federal Register*[11] sob o número 55 FR 29150, uma proposta de normalização, *Process Safety Mangement of Highly Hazardous Chemicals*, contendo os requisitos para o gerenciamento dos riscos associados com processos usando produtos químicos altamente perigosos para ajudar assegurar ambientes de trabalho seguros e hígidos.

Naquela mesma época, a OSHA tomando por base a publicação acima, publicou uma resolução dando notícia através da *Notice of Proposed Rulemaking under* 29 CFR 1910.119 a existência do *Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals*. A idéia central era criar um padrão que enfatizasse o gerenciamento de riscos associados com produtos químicos altamente perigosos, estabelecendo um completo programa de gestão integrando tecnologias, procedimentos e práticas gerenciais.

De 27 de novembro de 1990 a 5 de junho de 1991, a OSHA recebeu comentários e realizou audiências. Finalmente, em 24 de fevereiro de 1992, publicou no *Federal Register* sob o número FR 57 (36):6403-6408 um padrão com força de lei de número CFR 29 OSHA 1910.119 - *Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals Standard, Title 29,*

---

[9] Essa edição foi revisada e reafirmada publicamente em maio de 1995.
[10] Relativa aos assuntos gerais da saúde do trabalhador nas indústrias, notadamente nas indústrias de processamento químico, de petróleo e petroquímico.
[11] Uma espécie de Diário Oficial da União do governo americano.

*Code of Federal Regulation (CFR) Part 1910.119 FR 57, P. 6356*, como parte integrante da *Occupational Safety and Health Act* de 1970, ou seja, *Part 1910 - Occupational Safety and Health Act of 1970 Standards*, contendo os requisitos para o gerenciamento de riscos de processo para produtos altamente perigosos, de modo a assegurar a segurança e higidez nos locais de trabalho.

Coincidente e aproximadamente, quatro meses após a publicação do padrão proposto pela OSHA em 17 de julho de 1990, as *Clean Air Act Amendments* (CAAA), foram promulgadas pelo governo americano como lei federal em 15 de novembro de 1990.

Por outro lado, a Seção 304 da CAAA requeria que a *Secretary of Labor*, em articulação com a Administração da EPA, estabelecessem, de acordo com a Lei de Segurança e Saúde Ocupacional de 1970, padrões prescritivos de segurança de processo, de modo a prevenir vazamentos acidentais de produtos que pudessem ameaçar os trabalhadores. As CAAA's requeriam que o padrão incluísse uma lista de produtos altamente perigosos - inflamáveis, tóxicos, reativos e explosivos, especificando também os elementos mínimos que o padrão requereria das corporações, contemplando doze elementos de gestão desdobrados em catorze requisitos, a saber:

- Desenvolver e manter informações escritas de segurança, identificando locais de trabalho, riscos ocupacionais e de processo químico, equipamentos e tecnologias usadas nesses processos;
- Realizar avaliações de riscos nos locais de trabalho, incluindo, conforme apropriado, identificação de fontes potenciais de acidentes com vazamentos, identificação de qualquer vazamento anterior dentro da facilidade com conseqüência potencial nos locais de trabalho, estimativas dos efeitos nos locais de trabalho para vários tipos de vazamentos, estimativas dos impactos na saúde dos trabalhadores;
- Manter consultas com os empregados e seus representantes quanto ao desenvolvimento e condução de avaliações de riscos e o desenvolvimento de planos de prevenção de acidentes que envolvam produtos químicos, provendo acesso aos mesmos e outros registros requeridos no contexto do padrão;
- Estabelecer um sistema para responder aos resultados encontrados nas avaliações de riscos, que sejam remetidos à prevenção, mitigação e resposta a emergências;
- Rever periodicamente as avaliações de riscos dos locais de trabalho e dos sistemas de resposta;

- Desenvolver e implementar procedimentos formais de operação para os processos químicos, incluindo de cada fase operacional, limitações operacionais e considerações de segurança e saúde;
- Prover informações de segurança e operacionais para os empregados e treiná-los nos procedimentos operacionais enfatizando os aspectos de riscos e práticas seguras que sejam desenvolvidas;
- Assegurar que as contratadas e seus empregados recebam treinamento e informações adequadas;
- Treinar e educar os empregados próprios e das contratadas em procedimentos de resposta a emergências de forma detalhada e efetiva para que o que for requerido por padrões aprovados, esteja em conformidade com as Leis vigentes;
- Estabelecer um programa de garantia de qualidade para assegurar que os equipamentos de processo, materiais de manutenção, e partes de reposição sejam fabricados, instalados e consistentes com as especificações de projeto;
- Estabelecer sistemas de manutenção para equipamentos de processo, incluindo procedimentos escritos, treinamento de empregados, inspeções apropriadas e testes dos mesmos para assegurar sua integridade mecânica;
- Conduzir revisões de segurança na partida de todo equipamento recém-adquirido ou recém-modificado;
- Estabelecer e implementar procedimentos escritos de gerenciamento de modificações de processos químicos, tecnologia, equipamento e facilidades, e,
- Investigar qualquer incidente que resulte ou que possa redundar num acidente de grandes proporções no local de trabalho, fazendo com que qualquer resultado encontrado nas investigações seja revisto pelo pessoal da operação e que as modificações sejam feitas, desde que apropriadas.

Requeria também as CAAA’s, responsabilidades específicas para a EPA no tocante à prevenção de vazamentos acidentais, conforme sua Seção301(r), geralmente através do desenvolvimento de uma lista de produtos perigosos e um *Risk Management Plan*.

Assim, em 1993, a OSHA consolida toda a legislação em dois referenciais, que são o *Process Safety Management* OSHA 3132 - 1993 (*Reprinted*), estabelecendo as diretivas gerais do gerenciamento de segurança de processo, contemplando doze elementos, e a sua respectiva regulamentação, que são as *Process Safety Management Guidelines for Compliance* OSHA 3132 - 1993 (*Reprinted*).

Por outro lado, a Secção 112 (r) da Lei do Ar Limpo (*Clean Air Act* - CAA) requeria que a EPA baixasse normas que regulamentassem a prevenção de vazamentos acidentais de instalações que processassem produtos altamente perigosos. Assim, mais tarde, em 20 de junho de 1996, a EPA publicou seu RMP - *Risk Management Program*, denominado *Risk Mangement Program Under Clean Air Act Section 112(r)(7), (*40 CFR 68*)*[12]. Essas normas requeriam que Plantas de processso enquadradas nos requisitos desenvolvessem seus RMP's e que os submetessem a um Órgão central até 21 de junho de 1999. Tais planos evidenciariam os esforços na prevenção de acidentes previstos nos RMP's e que fossem disponibilizados aos Órgãos do Poder Público e ao público em geral.

A partir daquele pilar de 24 de fevereiro de 1992 (CFR 29 OSHA 1910.19), diversas outras indústrias, entidades e corporações, inclusive as da indústria de processamento americana, passaram a desenvolver seus próprios referenciais, objetivando enquadrar suas instalações de modo a atender não só às Emendas à Lei do Ar Limpo nos Estados Unidos, mas também leis equivalentes nos países onde operavam, ou até mesmo para estabelecer programas de atuação mais responsável em suas operações mundo afora, pressionadas por mercados cada vez mais exigentes ecologicamente falando, mas também pela sociedade civil como um todo.

Assim é que, engajadas nesse gigantesco esforço de seguirem padrões prescritivos, estribaram-se grandes corporações transnacionais como, por exemplo, a AMERICAN CYANAMID, AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS, AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, BRITISH PETROLEUM, CHEMICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION, CHEVRONTEXACO, DOW CHEMICAL, DUPONT, ENI, EXXONMOBIL, IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES, MITSUBISHI, MONSANTO, PDVSA, PEMEX, SHELL, TOTALFINAELF, dentre muitas outras.

Dentre várias instituições internacionais, merece destaque uma delas por suas relevantes contribuições nos campos das ciências aplicadas e tecnologia, sobretudo nas áreas de petróleo, petroquímica, energia, segurança e meio ambiente, que é o API, que, como o próprio nome designa, é referencia para assuntos da indústria de petróleo e petroquímica.

Mencione-se, todavia, que o referencial foi desenvolvido pelo API junto com as maiores corporações petrolíferas de todo o globo de modo a atender a CAAA estabelecida pela OSHA, bem como legislações ambientais dos países onde essas corporações operam,

---

[12] *"Accidental Release Prevention Requirements: Risk Management Programs Under Clean Air Act Section 112( r ) (7)", Federal Register , Vol. 61, No. 120, p. 31667, June 20, 1996.*

sendo por isso mesmo completo, adequado e especifico para a indústria de petróleo e petroquímica.

Mais tarde, espelhando-se na API RP 750, o mesmo API ampliou o foco dos sistemas de gestão e passou a recomendar um outro, o *Safety and Environmental Management Plan* – SEMP específico para atividades de produção de petróleo *offshore*, através de outro referencial que seria o *Development of a Safety and Environmental Management Program for Outer Continental Shelf* (OCS) *Operations and Facilities*, de número API *Recommended Practice 75, Second Edition, July 1998,* ou API RP 75, revisado pela segunda vez em julho de 1998.

Esse último é endossado, inclusive, pelo *U. S. Minerals Management Services*, do governo americano que é o órgão que gerencia a política de segurança e proteção ao meio ambiente nas operações da plataforma continental *offshore* dos Estados Unidos. Ele é voltado para atender de forma mais ampla a gestão de segurança e meio ambiente, incorporando tanto os riscos de processo como outros riscos industriais, em plataformas marítimas de produção, além de tratar de equipamentos específicos de produção dessa área.

## 2.4 DA VIGÊNCIA DOS REFERENCIAIS DE SISTEMAS DE GRP

Em que pese a API RP 750 ter sido publicada em 1990, sua aceitação já está tão disseminada e internalizada como um valor pelas autoridades internacionais de proteção ao meio ambiente[13] e pelas maiores empresas transnacionais que atuam na área de processamento e produtos perigosos[14] que, até hoje ainda é um referencial que serviu de base para criação de outros referenciais na indústria petroquímica e de petróleo.

Um dos principais exemplos de aplicabilidade foi a criação da prática recomendada API RP 75, voltada para a área *offshore* como acima explanado. Todavia, a API RP 750 também é citada e utilizada, diretamente ou como referência cruzada, em diversas outras publicações como, por exemplo, no *Model Risk Management Plan Guidance for Exploration and Production* (E&P) *Facilities – Guidance in Complying with* EPA's RMP *Rule (40 Code of Federal Regulations, Part 68), de número* API *Publication 761, First Edition, July 1997* e no *Model Risk Management Plan Guidance for Petroleum Refineries – Guidance in*

[13] Como, por exemplo, pela EPA, dos Estados Unidos e pelo HSE - *Health and Safety Executive*, da Inglaterra.
[14] Indústrias dos ramos químico, petroquímico, química fina, petróleo, óleo e gás.

*Complying with* EPA's RMP *Rule (40 Code of Federal Regulatons, Part 68)*, de número *API Publication 760, Second Edition, June 1998*, ambas citadas anteriormente e que, por sinal, o API as usa em no seu programa *Stategies for Today's Environmental Partnership* (STEP), criado para atender aos RMP's da EPA (40 CFR 68).

O Programa de Gerenciamento de Riscos da EPA, de 20 de junho de 1996, foi concebido para servir como base de princípios para a indústria de óleo e gás, e para que as corporações que nela atuem, o façam de forma ambientalmente responsável.

Além de sua utilização como referencial para outras normas, a aplicabilidade da API RP 750 é confirmada também por meio da constatação da existência de vários registros obtidos por meio de pesquisas realizadas nos *sites* da Internet do API, OSHA, IHS GLOBAL e ISO-ANSI apresentando, por exemplo, o *reaffirmed*[15] de maio de 1995, conforme apresentado nos Anexos D e E. Disponível em: <http://www.api.gov/> e <Safety and Health Topics: Process Safety Management (PSM)>. Acesso em: 15 dez. 2003.

Podem ser mencionados, ainda, outros registros do *reaffirmed* da API RP 750, de maio de 1995, existentes no *site* da ISO-ANSI. Disponível em: <http://www.global.ihs.com/doc_detail.cfm?currency_code=USD&customer_id=212546514F0A&shopping_cart_id=27242837284B20384A5B5020290A&rid=API&input_doc_number=750&country_code=US&lang_code=ENGL&item_s_key=00113524&item_key_date=091131&input_doc_number=750&input_d>. Acesso em: 15 dez. 2003.

Constatam-se também diversas citações podendo ser mencionadas algumas obtidas em 26 de julho de 2003. Exemplificando, tem-se a atuação de consultores de diversos projetos do tipo força-tarefa na área de gerenciamento de riscos de processo[16]. Disponível em: <http://www.bakerrisk.com/SeniorResumesAll.htm>. Acesso em: 26 jul. 2003.

Existem ainda mais exemplos de empresas como a ConneXsys Engineering, que pode acessada no *site*, atuando em atividades relacionadas com o atendimento às normas OSHA 29 1910.119 e API RP 750, no que toca aos requisitos de riscos de processo, incluindo o planejamento, preparação e a organização de documentos para atender o elemento de gestão Informações sobre Segurança de Processo[17]. Disponível em: <http://www.ConneXsys Engineering - Process Safety Management www.connexsysinc.com/project/psm.htm>. Acesso em: 26 jul. 2003.

---

[15] Reafirmações públicas estabelecidas pelas entidades de que o padrão está ativo.
[16] *Management of Process Hazards* ou também *Process Safety Mangement* - PSM.
[17] *Process Safety Information.*

Mencione-se também a existência de *softwares* voltados para processo da empresa CUSTOM MODEL PROCESS, como, por exemplo, *The* CPM *Series*, disponibilizados para necessidades específicas de treinamento e requisitos de engenharia de processamento ou para atender padrões e normas vigentes, por exemplo, OSHA 1910.119, API RP 750, CMA - *Process Safety Codes*, *Clean Air Act* e ISO 9000. Disponível em: <http://www.Custom Process Models>. Acesso em: 26 jul. 2003.

Clemens (2002) da consultora JACOBS SVERDRUP americana apresenta suas diretrizes para elaboração de Procedimentos de Operação, cita explicitamente que usa três normas e padrões fundamentais, o API RP 750 - entendida pelo autor como o "melhor padrão de uso corrente" (*"... best standard of curent practice"*) (CLEMENS, 2002, grifo nosso), o 29 CFR OSHA 1910.119[18] e o 40 CFR Part 68-28[19], além da boa prática de engenharia, como os referenciais mais usados. Disponível em: <http://www.jacobssverdrup.com/safety/guidelines.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2003.

O *Oil Industry Safety Directorate* (OISD) mencionava em seu *site* os padrões 29 CFR OSHA 1910.119, *Risk Management Programme*[20] da EPA, API RP 750, CMA, *Guidelines for Technical Management of Chemical Process Safety* do AIChE/CCPS acima mencionados. Basicamente, o que o OISD disponobiliza são os fundamentos que levaram à concepção de um programa de gerenciamento de riscos de processo lastreado nos seguintes referenciais:

- EPA: *Risk Management Programme*;
- API RP 750: *Management of Process Hazards* (grifo nosso);
- CMA *Risk Management System*;
- CCPS: *Guidelines for Technical management of Chemical Process Safety.* Disponível em: <http://www.New Page 1> e <http://www.oisd.org/petrosafe-April2002/safe management1.htm>. Acesso em: 15 dez. 2003.

Nesse contexto, em 15 de dezembro de 2003, foram citados alguns trechos do texto que consta nos *sites* em questão que ora são reproduzidos, onde explicitam que além das iniciativas americanas de 1993/1994 da OSHA que foram desdobradas pela EPA, API (API RP 750) e AIChE/CCPS, também na Inglaterra, já havia sido requerido por Lord Cullen a

---

[18] OSHA - *Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals, Explosives and Blasting Agents.*

[19] *Risk Management Programs for Chemical Accident Prevention under Clean Air Act.*

[20] O Programa de gerenciamento e riscos da EPA, na indústria de petróleo, foi adaptado e transformado nas publicações mencionadas anteriormente, API *Publication 760* para refinarias e API *Publication 761* para o segmento de Exploração & Produção.

partir de 1990 e após o acidente de *Piper Alpha*, um sistema formal de gerenciamento de segurança, conforme abaixo:

> *1.Introduction*
>
> *Handling large quantities of crude oil and petroleum are highly hazardous operations because of the inherent nature of the materials handled. They are highly flammable, many of them are highly volatile and some of them are stored under pressure. In case of loss of containment, it may result into fire, explosion or* BLEVE *causing damage to plant, machinery and nearby properties / population. Further, Hydrogen is now being used extensively for upgrade of Heavy Ends and production of superior quality green fuels. But application of high pressures and temperature enhance the hazards many fold. This calls for robust safety management systems in place for elimination/minimization of unwanted incidents. Prior to 90's, safety was managed mainly through technology, improvement in* design and operating practices and *statutory obligations. The concept of system approach to safety came in 1990. A requirement for a format safety management system was introduced in UK legislation following the Piper Alpha disaster. In the enquiry report,* <u>*Lord Cullen recommended for a format safety management system in 1990*</u> (OISD, 2003, grifo nosso). *In USA, statutory requirement of process safety management (PSM) was introduced by Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) *in 1993/94 – Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals 14 elements.* <u>*There are various other process safety management systems some of them are*</u> (OISD, 2003, grifo nosso)*:*
>
> - EPA *Risk Management Programme*
> - API RP *750: Management of Process Hazards* (OISD, 2003, grifo nosso)
> - CMA *(Chemical Manufacturers Association) System*
> - CCPS *Guidelines for Technical management of Chemical Process Safety.*
>
> *Approach and major elements of these systems are almost similar. Major Oil companies like* EXXON*, Centex,* BP, *Mobil etc. Have developed their systems based on these guidelines. Safety Management System practiced in most of the petroleum refineries is in line with OSHA PSM and the key elements are described below.* Disponível em: <http://www.New Page 1> e <http://www.oisd.org/petrosafe-April2002/safe management1.htm>. Acessos em: 15 dez. 2003.

Mais adiante, os referidos *sites* citam nessa mesma data então os elementos de gestão que compõem o programa de gerenciamento:

> […] *2.Management Leadership, Commitment and Accountability*

*3. Employee Participation*

*4. Process Safety Information*

*5. Process Hazard Analysis*

*6. Operating Procedures*

*7. Training*

*8. Contractors*

*9. Pre commissioning checks and Audits*

*10. Work Permit System*

*11. Mechanical Integrity*

*12. Incident Investigation*

*13. Management of Change*

*14. Emergency Planning & Response*

*15. Safety Audits.*

[…] *Oil Industry Safety Directorate* (OISD) *under* MOP & NG *formulates guidelines, develop codes and carry out safety audits of refineries for improving safety standard. Safety audits of all the refineries are carried out once in two years by a high level team of experts. Surprise safety checks are carried out by OISD to check the implementation status of earlier recommendations and effectiveness of the safety system.* OISD – GDN*_206: 'Guidelines on Safety Management System in Petroleum Refineries' is a comprehensive system and should be implemented in letter* and *spirit.* Disponível em: <http://www.New Page 1> e <http://www.oisd.org/petrosafe-April2002/safe management1.htm>. Acessos em: 15 dez. 2003.

Finalizam estabelecendo os requisitos que as corporações necessitam adotar para obter conformidade legal de suas operações:

*16. Regulatory Compliance*

[…] *Needless to mention that all statutory equipments are to be met. Major Indian rules with regards to safety in petroleum industry are The Petroleum Rules,* SMPV *Rules, Gas Cylinder Rules,* MSIHC *Rules, Factories Act, IBR Electricy Rules, Radiation Protection Rules etc.* Disponível em: <http://www.New Page 1> e <http://www.oisd.org/petrosafe-April2002/safe management1.htm>. Acesso em: 15 dez. 2003.

Na América Latina, o assunto também é objeto de estudo, podendo-se mencionar trabalho recente de Dowsett, Sich, Randell e Behie (2000) encomendado pela a ARPEL em que apresenta um demonstrativo, a nível internacional, dos referenciais técnicos utilizados atualmente na Holanda, Reino Unido, Estados Unidos e Canadá, descrevendo suas características principais, diferenças relativas e especificidades. Nele, por exemplo, é citado

explicitamente o *Appendix C - Substance Hazard Index*, da API RP 750 (DOWSET et al., 2000, grifo nosso), conforme abaixo:

> **3.3.4 American Petroleum Institute's Substance Hazard Index**
>
> The American Petroleum Institute's (API's) Substance Hazard Index (SHI) was developed to objectively identify toxic chemicals or substances that could be involved in a catastrophic release (API, 1990). The SHI is expressed as the ratio of the Equilibrium Vapour Concentration (EVC) to the Acute Toxicity Concentration (ATC), in parts per million. The EVC is defined as the substance vapour pressure at 20 °C, in millimetres of mercury, multiplied by $10^6$ and divided by 760. The ATC is defined as the lowest reported concentration, based on current data, which will cause death or permanent injury after a single exposure of 1 hour or less. The higher a substance's vapour pressure, the more readily it will enter the atmosphere in the event of a release. The greater a substance's toxicity, the lower the concentration required to constitute a hazard. API have tabulated and documented the SHI values for various substances.
>
> (DOWSET et al., 2000, p. 3/7).

Pesquisa de 15 de dezembro de 2003 no *site* disponível em <http://www.rtknet.org/rmp/> indica que nos Estados Unidos, empresas americanas estão submetendo à EPA seus Planos de Gerenciamento de Riscos[21], de conformidade com o que é estabelecido na EPA's RMP *Rule (40 Code of Federal Regulations, Part 68)*, e na sua adequação para aplicação em refinarias contida na API *Publication* 760 ambas acima referenciadas, que usam ambas como referencial a API RP 750.

O Quadro 4 apresenta o resultado dessa pesquisa indicando várias empresas dentre as *majors*[22] da área química, petroquímica e de petróleo e no Estado da Califórnia nos Estados Unidos que apresentaram seus relatórios.

| IPLANTAS DE PROCESSO | EMPRESA PROPRIETÁRIA | LOCALIDADE |
|---|---|---|
| *BP Carson Refinery* | *BP West Coast Products LLC* | *Carson, CA* |
| *Chevron El Segundo Refinery* | *Chevron U.S.A. Inc.* | *El Segundo, CA* |
| *Shell Bakersfield Refinery - Areas 1 & 2* | *Shell Oil Products U.S.* | *Bakersfield, CA* |
| *The Dow Chemical Company, Pittsburg, CA site* | *The Dow Chemical Company* | *Pittsburg, CA* |
| *Shell Bakersfield Refinery - Area 3* | *Shell Oil Products US* | *Bakersfield, CA* |
| *Shell Oil Products US, Los Angeles Refinery (LAR)* | *Shell Oil Products US* | *Wilmington, CA* |
| *Valero Refining Company – CA* | *Valero Energy Corporation* | *Benicia, CA* |
| *Chevron Richmond Refinery* | *Chevron U.S.A., Inc.* | *Richmond, CA* |
| *ExxonMobil Oil Corporation Torrance Refinery* | *ExxonMobil Oil Corporation* | *Torrance, CA* |

**Quadro 4** - Empresas americanas dos setores químico, petroquímico e de petróleo que apresentaram relatórios de conformidade com a EPA's RMP *Rule (40 Code of Federal Regulations, Part 68)*. Disponível em: <http://www.rtknet.org/rmp/>. Acesso em: 15 dez. 2003.

[21] *RMP – Risk Management Plan.*
[22] Empresas mais importantes.

A BP CARSON REFINERY (1999), por exemplo, apresentou os seguintes resultados parciais:

> [...] *(This set of RMP executive summaries was last updated on 6/25/2001, with facility identification and submission/deregistration dates last updated on 2/26/2003).*
> *Submission Receipt Date: 02/04/2002*
> *Although the facility last submitted an RMP on the date above, the latest executive summary that RTK NET has access to was received on 12/27/1999. That is the one shown below.*
> *RMP Executive Summary below:*
> *ARCO LOS ANGELES REFINERY*
> *RISK MANAGEMENT PLAN*
> EXECUTIVE SUMMARY
> *This summary provides an overview of the ARCO Los Angeles Refinery's Program to comply with the U.S. EPA's Risk Management Plan* (RMP) *and the California Accidental Release Prevention Plan (Cal* ARP*)* […].
>
> […] *HAZARD ASSESSMENT RESULTS*
>
> *Ammonia Hazard Assessment Results*
> *The EPA-prescribed worst case scenario* (WCS) *associated with toxic substances in a Program 3*[23] *process at the refinery is a catastrophic failure of the ammonia storage tank in the Cogeneration Unit. Administrative controls are in place, which limit the storage volume in the tank to a maximum volume of 117,200 pounds* […].
> Disponível em: <http://www.rtknet.org/rmp/>. Acesso em: 15 dez. 2003.

A THE DOW CHEMICAL COMPANY (2001), também de Pittsburg, Califórnia, apresentou resultados semelhantes:

> *RMP Executive Summary below:*
> *Risk Management Plan Executive Summary for The Dow Chemical Company, Pittsburg, California Site*
> *1.*[ ] *Accidental Release Prevention and Emergency Response Policies*

[23] Programa de gerenciamento de riscos de maior complexidade, tendo dois níveis abaixo, conforme guia de enquadramento ao RMP da EPA, concebido pelo API e pela CMA - *Chemical Manufacturers Association*, conforme API *Publ. 760.*

> […] *The Dow Chemical Company ("Dow") is strongly committed to employee, public and environmental safety. This commitment is demonstrated by Dow's comprehensive accidental release prevention program that covers areas such as design, installation, operating procedures, maintenance, and employee training associated with the processes at the Dow site in Pittsburg, California. It is Dow's policy to implement appropriate controls to prevent possible releases of regulated substances. Dow is also committed to responding to emergencies resulting from accidental releases in order to mitigate the release and any associated consequences* […]. Disponível em: <http://www.rtknet.org/rmp/>. Acesso em: 15 dez. 2003.

Todas, sem exceção, (grifo nosso) apresentaram seus relatórios conforme itemização:

> […] *GENERAL ACCIDENTAL RELEASE PREVENTION PROGRAM*
> *Employee Participation*
> *Process Safety Information*
> *Process Hazard Analysis*
> *Operating Procedures*
> *Training*
> *Contractors*
> *Pre-Startup Safety Reviews*
> *Mechanical Integrity*
> *Safe Work Permits*
> *Management of Change*
> *Incident Investigation*
> Compliance Audits [...].
> Disponível em: <http://www.rtknet.org/rmp/>. Acesso em: 15 dez. 2003.

Tais itens relacionados corroboram que dez dos doze elementos de gestão contemplados na 29 CFR OSHA 1910.119 e dez dos onze contemplados na API RP 750 estão sendo atendidos pelas empresas no que concerne aos Planos de Gerenciamento de Riscos estabelecidos no 40 CFR Part 68.

No Brasil, em 2002, uma corporação transnacional firmou contrato com empresa com experiência em gestão de Segurança e Meio Ambiente e Saúde, contemplando o desenvolvimento e a implantação de um sistema de gestão com quinze diretrizes de SMS operacionalizadas no tocante a riscos de processo, através de um Programa de Segurança de Processo ambos baseados, dentre outros referenciais, na API RP 750. São elas:

- Liderança e responsabilidade;

- Conformidade legal;
- Avaliação e gerenciamento de riscos;
- Novos empreendimentos;
- Operação e manutenção;
- Gerenciamento de modificações;
- Aquisição de bens e serviços;
- Capacitação, educação e conscientização;
- Gestão de informações;
- Comunicação;
- Contingência;
- Relacionamento com comunidades;
- Análise e acidentes e incidentes;
- Gerenciamento de produtos;
- Melhoria contínua.

Encerrando, portanto a discussão, constata-se de forma meridianamente clara que, a API RP 750 apesar de ter sido publicada em 1990, e ter sido revisada (*reaffirmed*) em Maio de 1995, se adequa perfeitamente como referencial técnico para o presente trabalho, inclusive no que respeita à Plantas petroquímicas, conforme seu item 1.3.2 - *Aplicability of Recommended Practice*.

## 2.5 DESCRIÇÃO SIMPLIFICADA E DEFINIÇÃO DOS REFERENCIAIS ADOTADOS NO DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA ESTRUTURADA DE GRP

No que concerne aos referenciais teóricos ou conceituais, as metodologias que serão usadas para elaborar a estrutura de desenvolvimento do GRP nos seus elementos, contemplarão fatores dos onze elementos de gerenciamento de riscos de processo contidos no primeiro pilar que será a API RP 750, juntamente com o uso intensivo de mais três outros pilares, ferramentas consagradas na Gestão pela Qualidade Total conhecidas como Fluxograma de Encadeamento Lógico, Diagrama FAST[24], e o Diagrama de Atividades.

[24] *Function Analysis System Technique.*

E como a API RP 750 representa um referencial de sistemas de gerenciamento de riscos de processo do estado da arte, cujos trabalhos têm sido adotados internacionalmente pelas maiores empresas e conglomerados de todo o globo na área de petróleo e petroquímica a estrutura básica a ser desenvolvida se espelhará em acervos tecnológicos e metodológicos específicos para indústria de petróleo e petroquímica, a saber, *Management of Process Hazards* API *Recommended Practice 750 Last Edition, January 1990*.

Este será então o primeiro pilar, e, dessa forma, não serão incluídas na relação das instalações as plataformas marítimas de produção pelas razões então apresentadas. Com o primeiro pilar, serão apresentados os propósitos, princípios, escopo e a aplicabilidade de práticas consagradas, seguindo-se adiante com a caracterização dos seus onze elementos aplicadas em instalações priorizadas segundo critérios específicos.

Tais critérios serão utilizados para definir e priorizar as instalações operacionais típicas e mais importantes no segmento de Petroquímicos Básicos. Essa priorização leva em conta critérios de triagem e comparação fundamentados nas conseqüências das exposições tóxicas e incêndios/explosões. Os critérios consideram também inventários de materiais liberados para atmosfera, bem como sua volatilidade, periculosidade, além dos volumes dos fluidos que processam e se o processamento envolve elevadas pressões e temperaturas, bem como se manuseia tóxicos, inflamáveis e outros produtos perigosos.

A tecnologia atual existente e praticada no setor *upstream* de Petroquímicos Básicos associado ao conhecimento tácito acumulado ao longo de décadas pelas empresas que atuam nesse segmento permitirão orientar o foco do presente trabalho, consubstanciado em critérios estabelecidos nos referenciais teóricos ou conceituais abordados na API RP 750.

Por enquanto, cabe aqui ser mencionado de forma preliminar e abrangente, porém não conclusiva (mais, adiante, quando forem discutidos os critérios de priorização e escolha das instalações no item 2.7.2 - Escolha das Plantas de processamento com base nos critérios, que essa gama de conhecimentos indica, em princípio, conjuntos de Plantas típicas de processamento de petroquímicos básicos e das mais importantes no segmento *upstream* dessa indústria.

Elas poderão ser: Plantas de Processamento de Gás, Plantas de Compressão de Gás, Plantas de Armazenamento e Movimentação de Hidrocarbonetos, Gasodutos, Amoniodutos, Propenodutos, dentre outras.

Os quatro pilares que serão usados para construir a metodologia de GRP encontram-se descritos detalhadamente no item 5.3 - Desenvolvimento da metodologia estruturada de GRP.

A apresentação prévia e simplificada dos onze elementos do primeiro pilar de GRP é então feita:

Elemento nº 1 - Informações de segurança de processo;

Elemento nº 2 - Análise de riscos de processo (ARP);

Elemento nº 3 - Gerenciamento de modificações;

Elemento nº 4 - Procedimentos operacionais;

Elemento nº 5 - Práticas de trabalho seguro;

Elemento nº 6 - Treinamento;

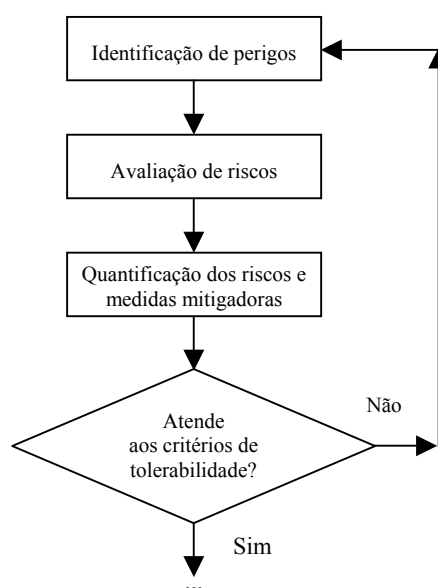
Elemento nº 7 - Garantia da qualidade e integridade mecânica de equipamentos críticos;

Elemento nº 8 - Revisão de segurança na pré-operação;

Elemento nº 9 - Controle e resposta a emergência;

Elemento nº 10 - Investigação de acidentes relacionados com o processo;

Elemento nº 11 - Auditoria do sistema de gerenciamento de riscos de processo (GRP).

O segundo pilar será o Fluxograma de Encadeamento Lógico. Ele terá o papel de permitir o entendimento seqüencial de como os onze elementos de gestão podem ser arranjados e como estão entrelaçados em sua interdependência. No Fluxograma 1 é apresentado um exemplo de parte desse Fluxograma, que será mostrado de forma completa no Fluxograma 10 - Etapas de uma CPQRA.

**Fluxograma 1** - Exemplo simplificado de parte de um Fluxograma de encadeamento lógico.
Fonte: Própria.

O terceiro pilar, Diagrama FAST, terá por missão transpor as práticas recomendadas em cada um dos onze elementos, e, fazendo uso do raciocínio lógico sobre a análise das funções, procurará definir “o que fazer”. Apresentará, visualmente, o relacionamento organizado entre funções desempenhadas por um produto, serviço ou sistema, onde as etapas do raciocínio serão representadas por funções (básicas e derivadas) compostas preferencialmente de um verbo e um substantivo, e descritas no texto com um formato próprio, além de conter uma representação gráfica da figura correspondente através de diagramas de blocos. Dessa forma, cada função servirá como *input* para a segunda técnica correlacionando cada elemento.

O Diagrama FAST é uma das técnicas utilizadas na Gestão Estratégica pela Qualidade que consiste em um raciocínio lógico sobre a análise de funções e apresenta visualmente o relacionamento entre funções desempenhadas por um produto, serviço ou sistema. Conforme Bazarra (2003), as etapas do raciocínio são representadas por funções (básica e derivadas) compostas preferencialmente de um verbo e um substantivo, e descritas no texto com um formato próprio, além da representação gráfica em forma de figura.

Da mesma forma, o quarto pilar, Diagrama de Atividades, utilizando os dados obtidos do terceiro, terá como papel desenhar como as funções serão permeadas dentro da estrutura organizacional formal da Corporação. Conterá uma representação visual composta de um fluxograma seqüencial de ações das tarefas críticas, destinadas à implantação e operacionalização do processo, além de um texto explicativo. Segundo Boaventura e Felthes Neto (2002), essa representação será composta de pelo menos três colunas que identificarão o ”que” e “como” será feito e “quem” fará as tarefas.

## 2.6 COMPARAÇÃO ENTRE REFERENCIAIS MAIS IMPORTANTES SOBRE GRP

Como visto anteriormente no item 2.3 - Da gênese dos referenciais sobre sistemas de GRP, o programa abrangente do CCPS com doze elementos de gestão de riscos de processo detalhados em dezesseis requisitos, foi dirigido às indústrias de processamento químico e foi desenvolvido pouco antes[25] do programa da API RP 750[26] que contava com onze elementos. Embora ambos documentos do AIChE/CCPS e do API se sobreponham consideravelmente,

[25] Em 1989.
[26] De janeiro de 1990.

em muitos de seus elementos, existem substanciais diferenças e distintos focos de aplicabilidade entre eles.

Como observado no item 2.3, e também segundo Ozog e Stickles (1993), ambos documentos do API e da OSHA têm a mesma origem no relatório da *Organization Resource Councelors* de 1988, sendo que o primeiro - API RP 750, contava com onze elementos e o da OSHA - 29 CFR OSHA 1910.119, com doze.

Um aspecto relevante que necessita ser mencionado é que em pesquisa feita na ISO indicou a existência da norma ISO 17776-2000 (E) (*Petroleum and natural gas industries - Offshore production installations - Guidelines on tools and techniques for hazard identification and risk assessment*) que é indicado como tratando de gerenciamento de riscos. No entanto, um exame mais acurado de seu conteúdo indica, por exemplo, no seu item 6 (*Risk Management*), que a questão é focada mais do ponto de vista da estrutura de um processo de execução de identificação de perigos e avaliação e controle de riscos, do que um sistema integrado estruturado de gestão nos moldes dos sistemas de gestão de riscos de processo até então contemplados, razão pela qual não foi inserida no contexto do Quadro 5 adiante.

A título ilustrativo, a norma ISO-17776-2000 considera somente os seguintes temas:

- Panorama geral da gestão envolvendo estrutura funcional com etapas de identificação de perigos, avaliação de riscos *vis a vis* um critério de definição das técnicas de análise e identificação das medidas mitigadoras com definição dos requisitos funcionais;
- Organização e capacitação técnica da equipe nas avaliações de riscos;
- Documentação;
- Avaliação de Riscos;
- Redução de Riscos.

O Quadro 5 apresenta um resumo dos principais elementos de gestão dos documentos do API, AIChE/CCPS[27] e da OSHA[28], evidenciando inclusive, para fins comparativos, algumas diferenças de foco existentes nos elementos de gestão da API RP 750.

Desse Quadro 5 observa-se que a diferença entre os documentos do API e da OSHA está na exigência dessa última que requer ser informado a empreiteiras e terciarizadas que estejam trabalhando em locais próximos a unidades de processo, sobre os riscos das instalações e os recursos aplicáveis no caso de haver acionamento de um plano de contingência, de modo a assegurar que estejam treinados em práticas de trabalho seguro.

---

[27] *Guidelines for Technical Management of Chemical Process Safety.*
[28] *Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals,* 29 CFR 1910.119.

Por outro lado, a publicação do AIChE/CCPS é mais detalhada na definição de responsabilidades, nas áreas de revisão de projetos importantes, de gerenciamento de riscos, nos fatores humanos e comportamentais, no uso de padrões da empresa e na melhoria dos conhecimentos da segurança de processo. Uma inspeção detalhada desses referenciais permite concluir, adicionalmente, que a maior diferença entre eles reside nas suas aplicabilidades.

| ELEMENTO DE GESTÃO | API RP750 | AIChE /CCPS | OSHA 1910.119 |
|---|---|---|---|
| 1. Informações sobre Segurança de Processo | ✔ | ✔ | ✔ |
| 2. Análise de Riscos de Processo | ✔ | ✔ | ✔ |
| 3. Gerenciamento de Modificações | ✔ [29] | ✔ | ✔ |
| 4. Procedimentos de Operação | ✔ | ✔ | ✔ |
| 5. Práticas de Trabalho Seguro | ✔ [30] | | |
| • Permissão de Trabalho | ✔ | ✔ | |
| • Abertura de Equipamentos | ✔ | ✔ | ✔ |
| • "Raqueteamento"/Retirada de Operação | ✔ | ✔ | (a) |
| • Permissão de Trabalho a Quente | ✔ | ✔ | ✔ |
| • Acesso em Áreas Confinadas | ✔ | ✔ | (b) |
| • Equipamento para Movimentação de Carga | ✔ | ✔ | (c) |
| • Controle de Insumos de Processo | ✔ | ✔ | ✔ |
| • Escavação | | ✔ | |
| 6. Treinamento (Força de trabalho da Operação) | ✔ | ✔ | ✔ |
| 7. Garantia da Qualidade e Integridade Mecânica de Equipamentos Críticos | ✔ | ✔ | ✔ |
| 8. Revisões de Segurança Pré-operação | ✔ | ✔ | ✔ |
| 9. Controle e Respostas a Emergências | ✔ | ✔ | (d) |
| 10. Investigação de Acidentes em Áreas Relacionadas com o Processo | ✔ [31] | ✔ | ✔ |
| 11. Auditoria do Gerenciamento de Riscos de Processo | ✔ [32] | ✔ | ✔ |
| 12. Empreiteiras e Terciarizadas | | | ✔ |
| 13. Reavaliação do Projeto Básico | | ✔ | |
| 14. Gerenciamento de Riscos | | ✔ | |
| 15. Fatores Humanos | | ✔ | |
| 16. Leis, Códigos e Padrões da Organização | | ✔ | |
| 17. Melhoria do Conhecimento dos Desvios Operacionais | | ✔ | |

**Quadro 5** - Comparação entre os padrões de GRP.
Fonte: Ozog e Stickles (1993).
(a) OSHA 1919.147[33]; (a) OSHA 1910.38[34]; (b) OSHA 1910.146[35], (c) OSHA 1910.179[36]; (d) OSHA 1910.120[37].

Deve ser esclarecido que conforme apresentado no item 2.4 - Da vigência dos referenciais de sistemas de GRP, o foco deste trabalho é especificamente o gerenciamento de

[29] Foco na tecnologia (catalizadores, etc) e na instalação.
[30] Foco na segurança de processo.
[31] Foco nas áreas de processo e nos aspectos da segurança de processo.
[32] Auditorias peródicas.
[33] *The control of hazardous energy (lockout/tagout)*
[34] *Employee emergency plans and fire protection plans.*
[35] *Permit-required confined spaces.*
[36] *Overhead and gantry cranes.*
[37] *Hazardous waste operations and emergency response.*

riscos de processo, restrito à raiz das questões técnicas intrínseca e diretamente relacionadas com o processamento de fluidos em Plantas de petroquímicos básicos.

A título de ilustração, semelhantemente aos elementos de gestão preconizados pela API RP 750 orientados para gestão de riscos de processo, alguns elementos de gestão podem ser mencionados, como, por exemplo, os que fazem parte da OHSAS[38] para gestão de SSO, da ISO[39] para gestão ambiental e para garantia da qualidade, da BS[40] e da OGP[41] para gestão de SMS, mais abrangentes que os específicos para esses tipos de risco. São eles: Política; Planejamento; Programa de Gestão, Objetivos, Metas e Programas, Estrutura e Responsabilidades, Monitoramento e Mensuração de Desempenho, Documentação do Processo de Gestão, Verificação e Ação Corretiva, Controle Operacional, Análise Crítica pela Administração, Liderança e Responsabilidade, Conformidade Legal, Novos Empreendimentos, Operação e Manutenção, Aquisição de Bens e Serviços, Comunicação, Relacionamento com Comunidades, Gerenciamento de Projeto, Melhoria Contínua.

Abordando agora a questão de riscos sob uma outra perspectiva, deve-se reconhecer que os requisitos de saúde, segurança e meio ambiente nem sempre estão em harmonia. Por exemplo, medidas necessárias a salvaguarda da força de trabalho em emergências podem ter efeitos adversos no meio ambiente e vice-versa. Entretanto, se forem postuladas considerações conjuntas de segurança, saúde e meio ambiente, elas remetem a sistemas de gestão com estruturas mais robustas capazes de lidar com demandas de todas essas áreas e com uma administração de forma balanceada.

Na Figura 1 pode ser observado um exemplo de sistema de gestão de SMS recomendado pela OGP[42] em 1994 para o segmento E&P de petróleo, que contempla sete elementos de gestão a saber: Liderança e Comprometimento; Política e Objetivos Estratégicos; Organização, Recursos e Documentação; Avaliação e Gestão de Riscos; Planejamento, Implementação e Monitoramento; Auditoria e Análise Crítica.

---

[38] OHSAS 18001 (1999) - Sistemas de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional

[39] NBR ISO 14001 (1996) - Sistemas de gestão ambiental - Especificação e diretrizes para uso; NBR ISO 9001:1994 - Sistemas da qualidade - Modelo para garantia da qualidade em projeto, desenvolvimento, produção, instalação e serviços associados.

[40] BS 8800 (1996) - Guia para Sistemas de Gestão da Segurança e Saúde Ocupacional.

[41] OGP (1994) - *Guidelines for the Development and Application os Health, Safety and Environmental Mangement Systems.*

[42] E&P Forum, *Guidelines for the Devepment and Application of Health, Safety and Environemtal Management Systems, Report Nº 6.36/210*, Julho 2004. O *E&P Forum* agora é denominado *International Association of Oil & Gas Producers* (OGP).

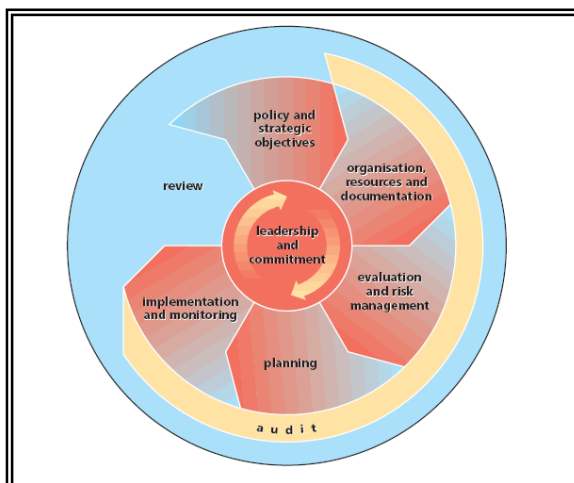



**Figura 1** - Sistema de gestão de SMS da OGP.
Fonte: E &P Forum (1994).

Um outro exemplo de sistema e gestão de SSO é o da OHSAS 18001, de1999, com seis elementos de gestão, conforme ilustrado na Figura 2.

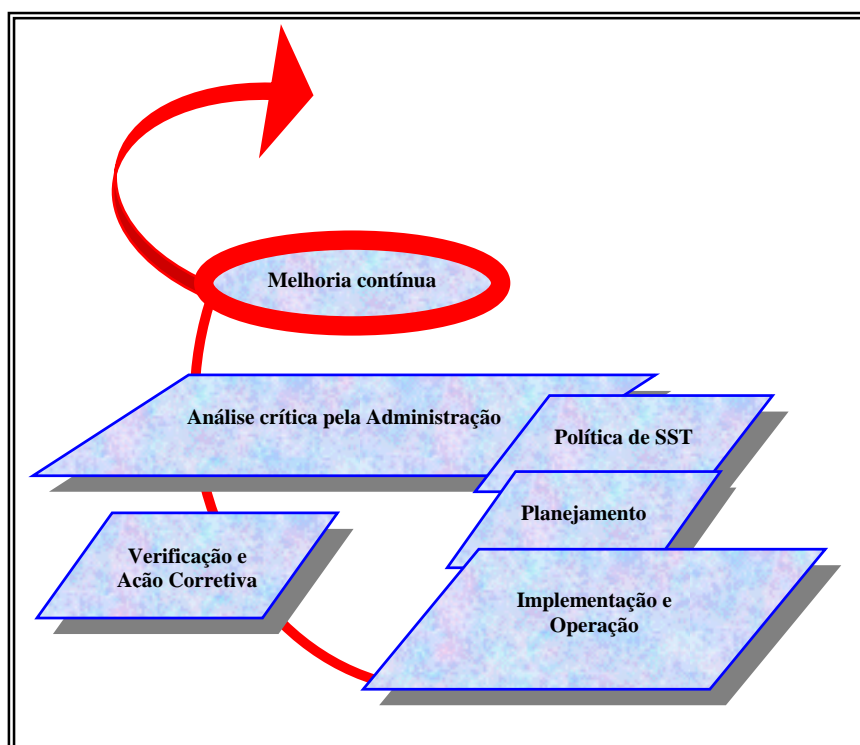



**Figura 2** – Sistema de gestão de SSO da OHSAS.
Fonte: OHSAS 18001 (1999).

Assim, em função dos objetivos específicos desta dissertação, os elementos de gestão apresentado nas Figuras 1 e 2, típicos de outros sistemas de gestão, tais como previstos, de acordo com o caso, na NBR ISO 9001 (2000), NBR ISO 14001 (1996), BS 8800 (1996) e OHSAS 18001 (1999) não serão abordados.

## 2.7 CRITÉRIOS DE APLICABILIDADE DOS REFERENCIAIS E DE PRIORIZAÇÃO E ESCOLHA DAS PLANTAS PETROQUÍMICAS

### 2.7.1 **Discussão sobre os critérios e sua aplicabilidade**

A API RP 750 foi desenvolvida para a maioria das Plantas de processo, que de alguma forma apresentam riscos significativos às mesmas, aos operadores, ao meio ambiente e ao público em geral, podendo ou não processar hidrocarbonetos com extração ou não de seus líquidos, estocar GLP, processar petroquímicos básicos e movimentar esses produtos, necessitando estar de acordo com as regulamentações federais, estaduais e municipais vigentes.

A priorização dessas instalações requer um critério de triagem que permita comparar as conseqüências da exposição tóxica e incêndios/explosões. O critério de triagem necessita também considerar os inventários liberados para a atmosfera bem como sua volatilidade.

Conforme esse referencial, um GRP necessita abranger todas as fases do ciclo de vida das instalações operacionais, que usem, produzam, processem, e armazenem óleo, gás natural, misturas desses hidrocarbonetos, GLP e condensados de gás natural, petroquímicos básicos, satisfazendo, portanto, aos seguintes requisitos:

- Inflamáveis ou explosivos que estejam presentes em quantidade e condições tais que quando da ocorrência de um vazamento súbito e catastrófico possam gerar mais de 5 toneladas de gás ou vapor em questão de minutos, conforme estabelecido no *Appendix A - Application of* API *Recommended Practice 750 for five tons of explosive vapor* e *Appendix B - Natural gas processing and associated* LPG *storage*;
- Substâncias tóxicas que possuam um *Substance Hazard Index* - SHI acima de 5.000, conforme estabelecido no *Appendix C - Substance Hazard Index* e que esteja presente em quantidades acima do limite de tolerância.

Substâncias tóxicas comumente manuseadas na indústria de petróleo e petroquímica que se enquadram nesse critério são: gás sulfídrico ($H_2S$), cloro ($Cl_2$), ácido fluorídrico (HF) e amônia anidra ($NH_3$). Esse índice leva em conta a *Acute Toxicity Concentration* (ATC) concentração de toxicidade aguda, em ppm, definida como a menor concentração da substância que cause morte ou danos sérios a seres humanos depois de uma única exposição de 1h ou menos. A determinação quantitativa dessa concentração para cada produto tóxico está sujeita a uma avaliação técnica para cada instalação, podendo ser feita por meio de modelagem computacional.

A API RP 750 foi desenvolvida para refinarias, plantas petroquímicas, e para instalações de processamento de grande porte, como por exemplo, as PPPB's. Algumas das instalações operacionais por outro lado, não são cobertas pela API RP750. São elas:

- Distribuidoras de derivados e retalhistas;
- Distribuidoras de LNG, facilidades de transporte por dutos;
- Perfuração de poços de óleo e gás;
- Facilidades de processamento de gás natural que forem passíveis de serem excluídas conforme os critérios específicos do *Appendix B*;
- Armazenamento de combustíveis de hidrocarbonetos para consumo próprio;
- Armazenamento de inflamáveis ou combustíveis não reativos, produtos líquidos a granel à pressão atmosférica sem condicionamento de resfriamento e refrigeração, bem como a transferência dos mesmos;
- Facilidades para armazenamento de GLP, incluindo facilidades de superfície para armazenamento de GLP em cavernas subterrâneas, são incluídas nessas práticas recomendadas, exceto quando excluídas pelo quarto sub-item logo acima;

Consubstanciado em trabalhos científicos mencionados em suas referências, o *Appendix B* da API RP 750 estabelece uma detalhada discussão sobre o tema, envolvendo instalações de "adoçamento" de gás natural, como por exemplo, desidratação e compressão. São abordadas a formação de nuvens com massa explosiva e sua ignição, confinamento em casas de compressores e seus riscos associados, colocando que o maior risco é o da exposição à radiação térmica da nuvem formada. Por outro lado, sustenta que o maior risco para o público é pequeno, desde que a instalação esteja afastada o suficiente do mesmo, de modo que os efeitos da radiação térmica possam não ser sentidos.

Um outro aspecto abordado é o que trata dos riscos das operações com extração de líquidos de gás natural, que por conterem propano e butano, podem levar a formação de

nuvens mais densas que o ar com possibilidade de explosão. Um outro aspecto também discutido é o grande risco de processo existente nas instalações de recuperação de líquidos de gás natural, por envolver exposição de tanques de armazenamento a incêndios provocados por BLEVE's que arremessam mísseis e estilhaços a grandes distâncias - 1km, aproximadamente.

Conclui definindo como enquadráveis no critério as PPG's e suas estocagens associadas de GLP - incorporadas dentro dos mesmos limites de bateria, considerando os seguintes aspectos:

- Processos envolvendo gás natural sem extração de GLP cujos piores cenários de acidente sejam capazes de gerar radiações acima de 1.600 Btu/h.ft$^2$ para o público externo vizinho;
- Processos com extração de GLP com estocagem associada ou terminais de carga/descarga, a menos que ou a instalação esteja afastada pelo menos a 1,3 km (4.000 ft) do público externo, ou que não imponha riscos substanciais ao público com efeitos de explosões e radiações térmicas de incêndios, demonstrável com o uso de modelos matemáticos de simulação e cálculo de efeitos físicos.
- Processos de gás natural com conteúdo de $H_2S$ acima de 100 ppm v/v, exceto onde a aplicação de modelos matemáticos de simulação de dispersões tóxicas indicarem, da mesma forma, que não há risco para o público externo.

O API RP 750 define no *Appendix B* um nível perigoso de radiação térmica de 1.600 Btu/h.ft$^2$. Esse valor pode ser usado para incêndios em poça (*pool fires*). Incêndios em bola de fogo (*fireball*) são eventos transitórios, de modo que um valor maior pode ser usado. Com relação a incêndios em nuvem de vapor (*flash fire*), onde a área circunscrita pelas concentrações de material liberado para atmosfera é metade ou acima da metade do limite inferior de inflamabilidade, esse valor (1.600 Btu/h.ft$^2$) pode ser usado. Quanto às explosões do tipo UVCE, sobrepressões de 2 ou 3 psi são esperadas de ocorrer, podendo ser preocupantes.

Quando se tratar de manuseio de substâncias tóxicas, o API RP 750 considera serem os efeitos tóxicos os considerados mais preocupantes, devido às concentrações menores que podem causar impactos. Por este motivo o critério é o dos efeitos tóxicos dos produtos, que podem ser avaliados através do *Substance Hazard Index* (SHI), abordado no *Appendix C*.

O SHI é definido pela Equação 1:

$$SHI = EVC / ATC \qquad (1),$$

em que:

*EVC* = *Equilibrium Vapor Concentration* - concentração de vapor em equilíbrio a 20$^{o}$C, definido como a pressão de vapor da substância a 20$^{o}$C, em mm Hg, multiplicado por $10^6$ e então dividido por 760 (de acordo com a legislação adaptada para o Estado de New Jersey, nos EUA);

*ATC* = *Acute Toxicity Concentration*, concentração de toxicidade aguda, em ppm, definida como a mais baixa concentração reportada, baseada em testes científicos reconhecidos, que causarão morte ou lesão às pessoas depois de uma ou mais horas de exposição. A norma permite a utilização do *American Industrial Hygiene Association's Emergency Response Planning Guidelines* (1988), como equivalente a ATC.

Segundo Ozog e Stickles (1993), a OSHA tem estendido também a regulamentação de maneira a contemplar a fabricação de explosivos e materiais pirotécnicos, como está definido na norma *Explosives and blasting agents* 29 CFR 1910.109. Finalmente, com relação a produtos tóxicos, a OSHA desenvolveu lista com 140 produtos químicos contendo valores limites específicos para cada um, cujos valores estão resumidos no Apêndice A daquele referencial.

O *Appendix* C da API RP 750 aborda o emprego de uma substância com índice de perigo SHI, como sendo função de sua pressão de vapor a 20 ºC. Esse enfoque se aplica a produtos estocados ou processados em outras temperaturas.

Por exemplo, amônia tem um SHI de 8.447 a 20 ºC. Entretanto, se ela for armazenada estocada sob forma de líquido refrigerado a –33 ºC, seu SHI cai para 1.000. Conseqüentemente, qualquer triagem para priorização tenderia a usar a pressão de vapor do produto na temperatura com a qual ele estivesse armazenado ou sendo processado. Na realidade, se o SHI não estiver especificado a 20 ºC, a amônia refrigerada não se enquadra no critério da toxicidade. Embora a API RP 750 faça menção à armazenagem de gases liquefeitos abaixo de seus pontos de ebulição, a redução do risco obtida pelo uso da refrigeração não pode ser desprezada.

O SHI fornece recursos para priorizar instalações operacionais que processem somente tóxicos; mas não permite a priorização em um grupo de instalações que processem tóxicos e inflamáveis. Nesse caso, a única metodologia efetiva é usar modelos de cálculo de efeitos físicos para se determinar zonas de riscos potenciais.

Com relação aos tóxicos, a apresentada no *Apppendix C* pode ser usada como valor limite. Ela está baseada numa exposição de 60min e não pode ser aconselhável para exposições de curta duração resultantes de falhas catastróficas ou instantâneas (em

contraponto a liberações contínuas). Quanto aos produtos inflamáveis, a API 750 está primordialmente preocupada com UVCE's, BLEVE's e com radiações térmicas.

O Quadro 6 mostra, comparativamente, a aplicabilidade das regulamentações propostas pelo API e pela OSHA. Se por um lado a API RP 750 está mais direcionada para refinarias, plantas petroquímicas (grifo nosso) e instalações de grande porte para processamento de óleo e gás, a OSHA pode ser aplicada a qualquer processo para produtos químicos. No caso de inflamáveis, conforme definido no *Hazard Communication Standard* 29 CFR 1910.1200(c), quantidades superiores a 5 toneladas necessitam ser incluídas. Isso difere da prática recomendada da API, em que todos os líquidos armazenados em temperaturas iguais ou acima de seus pontos de ebulição, ou mantidos refrigerados, sejam incluídos independentemente deles poderem gerar mais de 5 toneladas de vapor em questão de minutos.

| ITEM | API RP 750 | OSHA 1910.119 |
|---|---|---|
| Plantas | Refinarias, plantas petroquímicas (grifo nosso)e instalações de processamento de médio e grande porte | Qualquer processo que envolva produtos químicos com valor-limite especificado ou acima dele |
| Inflamáveis | Acima de 5t de gás ou vapor em questão de minutos | Acima de 5t de líquido ou gás, conforme a definição no documento 29 CFR 1910.1200 (c) |
| Explosivos | Não aplicável | Conforme definido no 29 CFR 1910.109 |
| Pirotécnicos | Não aplicável | Conforme definido no 29 CFR 1910.109 |
| Tóxicos (existentes) | SHI > 5.000 com valores limites determinados por boa prática de engenharia | Lista de 140 produtos químicos com o limite especificado no Apêndice A da OSHA |
| Tóxicos (novos) | SHI > 5.000 com valores limites determinados por boa prática de engenharia | SHI > 5.000 em quantidade igual a 250kg ou acima |

**Quadro 6** - Aplicabilidade da API RP 750 e da OSHA 1910.119.
Fonte: Ozog e Stickles (1993).

Embora se acredite que programas de GRP elaborados para obedecerem a API RP 750 possam cobrir toda a instalação, o critério de priorização define áreas que a serem prioritariamente implementadas, particularmente com relação aos itens que requerem dispêndio significativo de recursos humanos, como por exemplo, atualização de informações sobre desvios operacionais de processo (especialmente em fluxogramas de engenharia), manuais de operação e ARP's.

### 2.7.2 **Escolha das Plantas petroquímicas com base nos critérios**

Cotejando os requisitos da API RP 750, no que tange também aos *Appendixes* A, B e C, com as Plantas processamento de petroquímicos básicos do segmento *upstream* de maior porte e interesse, que como visto anteriormente no item 2.5 - Descrição simplificada e definição dos referenciais adotados no desenvolvimento da metodologia estruturada de GRP, são as PPG's, PCG's, PPPB's e PAMH's, concluiu-se que as PPG's, PCG's e PPPB's foram as que, de fato, mais se enquadraram no critério.

A Foto 9 refere-se à montagem final de uma Planta de Processamento de Gás.

**Foto 9** - Montagem de uma PPG.
Fonte: Própria.

A Foto10 mostra a vista parcial de uma Planta de Compressão de Gás.

**Foto 10 -** Vista parcial de uma PCG.
Fonte: Própria.

A Foto 11 mostra uma vista parcial de uma PPPB, evidenciando duas torres de processamento no primeiro plano e um forno no plano de fundo.

**Foto 11** - Vista parcial de uma PPPB.
Fonte: Própria.

E, dentre as diversas PPG's, PCG's e PPPB's que existem no Brasil, no presente trabalho o modelo de GRP foi aplicado na PPG/ORION, na PCG/AQUILA e na PPPB/DÆDALUS[43].

Não houve a necessidade de priorizar as Plantas petroquímicas, uma vez que o presente trabalho focou as mais importantes dentre as instalações, porque:

- Atendem e se enquadram perfeitamente aos requisitos do item 1.3.2 e dos *Appendixes A, B* e *C* da API RP 750;
- Apresentam importância estratégica na cadeia produtiva da indústria de processamento;
- Possuem elevadas capacidades de produção;
- Estão próximas a comunidades limítrofes e de grande vulnerabilidade social;
- Atendem a interesses estratégicos e logísticos no que concerne ao posterior processamento em plantas petroquímicas de segunda e terceira geração.

[43] Como visto anteriormente no item 1.12 - Estruturação do trabalho, essas Plantas de processo de propriedade da Empresa "E" estão alocadas num dos Ativos de Produção ("X") da Unidade de Negócios "UN", cujas plantas de processo "PPG", "PCG" e "PPPB" estão em um mesmo complexo petroquímico localizado em um estado da Federação. Os nomes "ORION", "AQUILA" e "DÆDALUS" e as siglas "E", "X", "UN", "PPG", "PCG"e PPB" foram atribuídos no presente trabalho para preservar os interesses da Empresa.

## 2.8 OS ONZE ELEMENTOS DE GESTÃO

Conforme apresentado anteriormente de forma sucinta no item 2.5 - Descrição simplificada e definição dos referenciais adotados no desenvolvimento da metodologia estruturada de GRP, são descritos a seguir, de forma aprofundada, os elementos do GRP preconizados pela API RP 750.

### 2.8.1 **Informações sobre segurança de processo (*Process Safety Information*)**

Conforme a API RP 750, é necessário se desenvolver uma compilação documentada das informações de segurança de processo e mantida para toda a Planta sujeita a essa prática recomendada. Essas informações provêem o fundamento para se identificar e se entender os riscos envolvidos no processo. Os elementos individuais das informações sobre segurança de processo podem existir sob diversas formas e locais necessitando serem referenciados na compilação.

Ainda segundo o API, esses documentos são os fluxogramas de processo, a descrição do processamento químico e/ou físico, os inventários máximos manuseados e processados, limites inferior e superior de inflamabilidade, temperaturas, pressões, vazões, concentrações, escoamentos e composições em diversos pontos do processo, sobretudo naqueles onde houver geração, transformação, reação química que envolva alterações parciais nos balanços de material e de energia; informações sobre segurança do processo, incluindo suas conseqüências em casos de burla ou quebra de protocolos e procedimentos.

#### 2.8.1.1 Informações sobre o projeto de processamento

As informações compreendem diagramas de blocos, fluxogramas de processo, balanços de material e de energia, com sua descrição; limites além dos quais a operação poderia ser insegura para parâmetros como temperatura, pressão, vazão, nível e composição, descrição do processo, inventários máximos manuseados e processados, limite inferior e

limite superior de inflamabilidade, temperaturas, pressões, vazões, concentrações, escoamentos e composições em diversos pontos do processo, sobretudo naqueles onde houver geração, transformação, reação química que envolva alterações parciais nos balanços de material e de energia.

Quando houver modificações tecnológicas no processo, as informações necessitam serem atualizadas de acordo com o preconizado no item de ARP. Onde as informações originais do processo não mais existem, elas necessitam ser desenvolvidas em conjunção com uma análise de riscos de processo suficientemente detalhada.

#### 2.8.1.2 Informações sobre o projeto mecânico

As informações do projeto mecânico contemplam materiais de construção, fluxogramas de engenharia atualizados, classificação de áreas, projetos dos sistemas de alívio/despressurização e ventilação, especificações de equipamentos e tubulações, descrição dos sistemas de *shutdown* e inter-travamento, códigos e normas utilizadas no projeto.

Quando houver modificações no projeto mecânico, as informações precisam ser atualizadas de acordo com o preconizado item 2.8.3 - Gerenciamento de Modificações. Onde as informações originais do projeto mecânico não mais existirem, elas precisam ser desenvolvidas em conjunção com uma análise detalhada dos riscos de processo e a partir das informações sobre os equipamentos e relatórios de inspeção.

O projeto mecânico necessita estar consistente com códigos e normas vigentes na época em que o projeto foi elaborado ou, no caso da ausência de tais códigos e normas, estar coerente com as boas práticas de engenharia aceitas universalmente. Quando o projeto mecânico não está consistente com os mesmos, o desvio e seus critérios precisam estar devidamente documentados.

Quando análises de riscos ou outro tipo de revisão revelarem que equipamentos existentes estão projetados e construídos de acordo com códigos, normas ou práticas desatualizadas, procedimentos necessitam ser implementados de modo a assegurar que os equipamentos se tornem adequados às finalidades para as quais foram projetados.

#### 2.8.1.3 Aspectos de gestão do conhecimento

Conforme a percepção de Ozog e Stickles (1993) e, posteriormente, de Esteves e Holanda (1996), sem o conhecimento adequado do processo ou pelo menos do projeto básico, os riscos potenciais não podem ser identificados apropriadamente. A deficiência mais comum nessa área é manter os fluxogramas de engenharia atualizados.

É necessário ser considerado um importante conceito não explicitado na API RP 750, que consiste na definição de parâmetro operacional crítico introduzido por Ozog e Stickles (1993), pois seu uso facilita os pontos mais críticos a serem observados nas informações sobre segurança de processo. Outros itens são desvios desses parâmetros que podem resultar em perda de inventário de material perigoso; as não-conformidades de equipamentos, adquiridos de acordo com códigos e normas que foram alteradas e os desenhos de *underground* que precisam ser mantidos atualizados para garantir a segurança dos trabalhos.

O ponto central do programa de GRP é a informação sobre segurança de processo. Sem o conhecimento adequado do processo e suas bases de projeto, os perigos potenciais não podem ser identificados apropriadamente. E perigos não identificados geram riscos não mitigados.

Outra percepção é que um dos itens que faz falta na implementação do GRP é uma definição clara dos parâmetros operacionais críticos. Eles podem ser um parâmetro qualquer de processo, por exemplo, vazão, temperatura, pressão, etc, cujo desvio dos limites normais de operação pode resultar em perda de inventário de um produto perigoso. Conseqüentemente, alguns alarmes, indicadores ou inter-travamentos associados a um parâmetro crítico, necessitam serem bem caracterizados para serem incluídos nos manuais de operação e a eles sejam dadas prioridades num programa de manutenção preventiva.

Um outro item normalmente esquecido é a não-conformidade dos equipamentos. Muitas instalações foram construídas de acordo com códigos e normas que foram alteradas ou que não existem mais. Onde os códigos e normas forem mais restritivos, configura-se a necessidade de se avaliar qual equipamento está em desacordo com a norma e até que ponto as modificações se fazem necessárias.

A consistência, *cœteris paribus*, das informações que aparecem em vários documentos de projeto precisa ser coerente, de tal forma que tenham o mesmo conteúdo e é um fator importante que necessita ser considerado. Ou seja, se uma linha aparece no fluxograma de engenharia com um dado diâmetro, ela precisa ser assim indicada nas plantas de tubulação, arranjos, etc. Depois que ocorre um acidente, torna-se difícil justificar porque uma determinada instalação que processa fluidos perigosos teve menos investimento em

dispositivos de proteção do que uma instalação similar, no mesmo ativo de produção ou no mesmo local.

A deficiência mais comum nessa área é manter os fluxogramas de engenharia devidamente atualizados. Essa é um a tarefa difícil, mas não impossível. Ela é, inquestionavelmente, um ponto crítico do programa de GRP e providências concretas necessitam serem tomadas para assegurar a pronta atualização dos mesmos.

Um item importante não listado na API RP 750, são os desenhos de envelopes elétricos, de tubulação e de instrumentação. Da mesma forma que os fluxogramas, são mantidos atualizados para assegurar que os trabalhos de escavação sejam feitos com segurança, próximo a envelopes, oleodutos e gasodutos que transportem produtos perigosos.

### 2.8.2 **Análise de riscos de processo (ARP) (*Process Hazards Analisys*)**

Segundo o AIChE (1992), avaliação de riscos é um ponto fundamental no GRP em qualquer corporação. Individualmente, as técnicas de análise de riscos podem ser usadas como parte de muitos outros elementos de gestão de um sistema de GRP. Por exemplo, essas técnicas podem ser usadas (1) para investigar causas prováveis de um acidente que tenha ocorrido, (2) como parte de um programa de gestão de mudanças em uma Planta, (3) identificar equipamentos críticos de segurança para testes, manutenção e inspeção especiais, como parte de um programa de integridade mecânica. Ademais, é um dos itens que é requerido formalmente pelos sistemas de gestão de riscos da OSHA e do API.

Conforme API, o objetivo da ARP é minimizar a probabilidade de ocorrência e as conseqüências da liberação de substâncias perigosas, pela identificação, análise e controle dos eventos que possam levar a tais liberações.

A API RP 750 recomenda que a esse tipo de análise seja conferida uma abordagem sistemática seguindo, por exemplo, as metodologias do AIChE/CCPS.

Como contraponto, conforme o próprio AIChE (1992) reconhece, usuários e revisores de estudos de avaliações de riscos precisam todavia ter consciência que mesmo o mais eficiente estudo realizado com a melhor qualidade possível contém limitações:

- Analistas nunca têm certeza absoluta que identificaram todos os perigos, situações de acidentes potenciais, causas e efeitos;

- A maioria dos benefícios que possam ser obtidos com tais estudos, não podem ser diretamente verificados, e o ganho obtido ao se evitar acidentes, não pode ser prontamente estimado;
- Análises de Riscos são baseadas no conhecimento existente sobre um processo. Se a química do processo não é bem conhecida, se os documentos relevantes não se encontram devidamente atualizados, ou se o conhecimento do processo não reflete a maneira real com que o processo é operado, então os resultados serão pífios e questionáveis, podendo levar a lacunas e erros no processo de tomada de decisão;
- Avaliações de riscos são fortemente dependentes de julgamento subjetivo, pressupostos e experiência dos analistas. O mesmo processo quando analisado por diferentes equipes de analistas, mesmo as mais experientes, podem levar a resultados algo diferentes.

Os benefícios que um programa dessa envergadura traz para uma corporação podem ser substanciais, embora nem sempre tão rapidamente palpáveis. Os benefícios podem incluir (1) a diminuição da quantidade de acidentes, ao longo da vida útil da instalação, (2) redução das conseqüências dos acidentes, quando ocorrerem, (3) melhoria no treinamento e na compreensão do processo, (4) operações mais produtivas e eficientes, (5) melhora nas relações com Órgãos de controle e com comunidades.

Entretanto, tais benefícios não podem ser alcançados sem investimentos. Seja na melhoria da qualidade das informações sobre o processo e as instalações, seja no treinamento, nos recursos de *staff* e de linha que sejam alocados para patrocínio e sustentação do programa durante a vida da instalação. Como são requeridas grandes quantidades de recursos e compromissos, a corporação necessita ter estratégias para levar a cabo tal tarefa.

Um outro ponto considerado também crucial pelo AIChE (1992) é a seleção das técnicas a serem usadas em cada processo e operação, para não acarretar dispêndios desnecessários de recursos humanos com itens do processo que sejam extremamente simplificados.

Ainda conforme o AIChE (1992, p. 9, tradução nossa), “realizar Análises de Riscos de Processo com qualidade durante todo o ciclo de vida de uma instalação, não garante que acidentes não ocorram”.

Entretanto, quando as ARP’s são usadas como uma parte efetiva do GRP, as técnicas de análise de riscos provêem valiosas informações para quem toma a decisão de investir ou não na redução de riscos das instalações.

2.8.2.1 Metodologia

Na literatura especializada e nos referenciais acima mencionados podem ser encontradas várias metodologias que podem ser usadas para se efetuar uma ARP. As mais comuns e mais difundidas na indústria de processamento, quer pela sua praticidade quer por sua baixa relação custo x benefício, são as técnicas de APR[44] e HAZOP.

A APR é uma técnica qualitativa que, fundamentalmente, analisa os riscos globais de uma Planta. Quando realizada por um grupo, propicia uma considerável reflexão sobre o projeto e a operação da instalação, mesmo para os técnicos mais experientes, podendo também servir como um eficiente instrumento de treinamento.

Ela permite a análise dos riscos globais identificando as causas potenciais e as conseqüências de vazamentos de matéria e/ou energia por perda de contenção dos componentes da instalação. Contempla dispositivos de proteção, detecções existentes, equipamentos, instrumentação, utilidades, ações humanas e fatores externos que possam afetar o processo.

Identificam-se as áreas críticas de cada uma das instalações, indicando os cenários de acidente potencialmente geradores de riscos de incêndios, explosões, etc, suas causas, efeitos e indicando medidas mitigadoras dos riscos encontrados. São também averiguados os problemas relacionados com detalhes das instalações, procedimentos, quebras e burlas de segurança e de continuidade operacional, bem como os relativos aos aspectos de processo.

Os efeitos e danos esperados decorrentes dos riscos principais, contemplam, explicitamente, os seguintes tipos a serem averiguados de forma isolada e agregada a saber:

- Incêndios;
- Explosões;
- Danos a corpos d’água causados por vazamento de produtos perigosos;
- Lesões ao público externo;
- Lesões aos operadores;
- Danos a propriedades limítrofes;
- Parada de produção;
- Perda de produção;
- Perda de continuidade operacional;

---

[44] Não confundir ARP - Análise de Riscos de Processo com APR - Análise Preliminar de Riscos.

- Perda de equipamentos e instalações.

Por se tratar de uma avaliação preliminar[45], e em que pesem as limitações inerentes ao processo qualitativo e subjetivo de análise, seu potencial de prover informações fundamentais sobre os riscos globais de uma instalação é um importante aliado quando se requer agilidade na obtenção de resultados para uma rápida tomada de decisão e priorização na alocação de recursos em medidas preventivas e mitigadoras de riscos. Por ser uma das etapas do processo de conhecimento dos riscos, enfeixa um aporte de conhecimentos necessários a análises quantitativas subseqüentes mais elaboradas objetivando a quantificação dos mesmos.

Embora as avaliações qualitativas de riscos obtidas com a APR possam parecer simples em primeira vista, elas requerem experiência em Análise de Riscos e um sólido conhecimento da instalação em que a técnica é aplicada, além do *expertise* de diversas especialidades (processamento, operação, elétrica, automação industrial, instrumentação, segurança do trabalho, meio ambiente, dentre outras) para se obter resultados consistentes.

Como será visto abaixo, através do uso de tabelas para alocação de freqüências e de severidades, os riscos podem ser obtidos e categorizados em faixas, evidenciando a criticalidade dos cenários potenciais dos acidentes em questão. Conhecidos, identificados e avaliados os riscos, podem ser estabelecidas linhas de ação para gerenciá-los, minimizando as freqüências de ocorrência, as conseqüências de vazamentos de produtos perigosos, ou ambas, através da identificação, avaliação e controle dos eventos que podem levar a tais vazamentos.

As técnicas de identificação de perigos, incluindo HAZOP, podem também ser usadas para complementar as APR's, mas como o próprio nome diz, identifica perigos, mas não avalia riscos. Nessa visão pode ser necessário o uso da técnica de HAZOP para esses casos. O HAZOP é também uma abordagem sistemática de se identificar perigos de processo, só que o uso de parâmetros críticos (vazão, temperatura, pressão) e palavras-chave (não, mais, menos) que aplicados a pontos específicos, também chamados de "nós", provê subsídios para a operação de modo a se poder adotar manutenção preventiva, procedimentos de operação, procedimentos de emergência ou práticas de trabalho seguro.

Algumas avaliações de risco são necessárias serem feitas de modo a priorizar os investimentos, tornando custo-eficiente os recursos disponíveis para redução dos mesmos. O API permite tanto uma avaliação qualitativa como quantitativa das freqüências e das conseqüências.

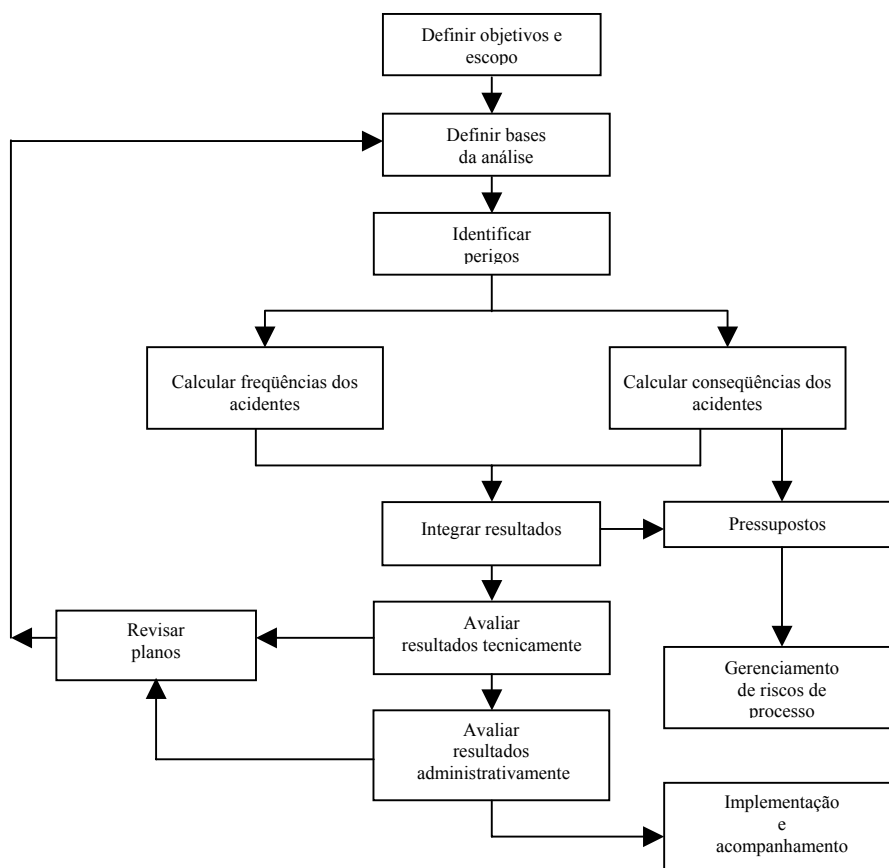
---

[45] Também denominada de *screening*, conforme encontrado na literatura internacional.

Apesar de existir uma grande disponibilidade de aplicativos para avaliar quantitativamente os efeitos de correntes de incêndios, explosões e dispersões tóxicas, o uso de técnicas quantitativas pode demandar longos intervalos de tempo em função da limitação e até mesmo indisponibilidade de dados fidedignos de falhas de componentes.

Como existem outras técnicas de análise, há diversas vantagens e desvantagens em seu usar técnicas quantitativas ou qualitativas, cuja discussão ultrapassa o foco e o escopo do presente trabalho. Mas, qualquer que seja o tipo de enfoque da análise, qualitativo ou quantitativo, ela é importante, dentre outros aspectos, para fundamentar processos de tomadas de decisão, inclusive para justificar não se tomar nenhuma ação sobre as medidas mitigadoras propostas pela análise, caso a avaliação determine que o risco possa ser considerado tolerável, conforme é abordado no item 4.2 - Base de conteúdo da modelagem para cálculo dos riscos.

Taylor (2000) sugere o seguinte processo global para se realizar Análises de Riscos, conforme pode ser observado no Fluxograma 2, para análises quantitativas, porém em muitos casos não é necessário se chegar a esse ponto. Em casos como esses, uma análise qualitativa de riscos é suficiente, com a qual os perigos são identificados e algumas probabilidades ou freqüências são calculadas. As etapas de uma análise quantitativa envolvem:

- Descrever primeiro o escopo e objetivos da análise;
- Identificar os perigos potenciais;
- Quantificar a probabilidade e a freqüência dos acidentes;
- Quantificar as conseqüências dos acidentes, isto é, danos, ferimentos, fatalidades;
- Integrar as informações obtidas em um panorama global dos riscos;
- Avaliar até que ponto os riscos são toleráveis;
- De um modo geral, rever ou melhorar o projeto da Planta e/ou os procedimentos;
- Proceder com o acompanhamento, garantindo que os pressupostos ainda permaneçam válidos.

**Fluxograma 2** - Procedimento para execução de Análise de Riscos
Fonte: Taylor (2000). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

Definir o escopo da análise é importante, uma vez que é comum se esquecer importantes fatores que contribuem para o risco, seja devido à escolha do método de análise, seja devido à pré-conceituação que se faz a respeito de alguns riscos. A realização de uma APR (mais, adiante) pode ajudar nessa escolha.

Ainda conforme Taylor (2000) infelizmente análises de riscos são muito dependentes dos pressupostos assumidos. Se o contexto se altera, a análise torna-se inválida, e pode servir somente como uma falsa segurança (TAYLOR, 2000, grifo nosso). Uma Análise de Riscos não terá credibilidade se:

- Os padrões de armazenamento e transporte se alterarem, como por exemplo, se uma nova planta for construída, ou se o nível de atividade na corporação aumenta;
- Os tipos de produção na Planta se alteram, ou os níveis de produção aumentam;
- A participação dos operadores é alterada, isto é, a automação é aumentada ou um novo contingente de empregados é admitido;

- Ocorrem modificações, manutenção e reparos de grande porte, tanto na Planta, como nas vizinhas, redundando em cenários de acidentes que não estejam contemplados no contexto da referida análise.

Assim, como visto, muitas instalações podem iniciar seu processo de análise de riscos usando técnicas qualitativas, como, por exemplo, a APR. Como visto acima, essa metodologia faz uso de tabelas de riscos, freqüências e severidades, mostradas, respectivamente, na Figura 3 e nos Quadros 7 e 8.

Conforme o AIChE (2000) e sugerido, por exemplo, por Esteves (1996), as alocações de freqüência e severidade podem ser realizadas, através de duas tabelas específicas de categorização, com intervalos discretos de freqüência e de severidade. Existem, no entanto, diversas possibilidades de se combinar freqüências com severidades para formar o “espaço amostral”, existindo, respectivamente, pares do tipo “3x3”, “4x4”, “5x4”, “5x5”, e até “10x10”, desde que previamente convencionados e definidos. O que baliza o uso de um ou de outro tipo, são os objetivos da análise, o prazo e o custo de sua implementação, além da disponibilidade de informações sobre a instalação. Via de regra, quanto maior for o detalhe requerido na análise, e maiores forem as estratificações das faixas de discretização de cada parâmetro, maiores serão os dispêndios e a alocação de recursos humanos e materiais na busca de resultados. Daí ser também uma questão de custo x benefício qual modelo adotar.

Esteves (1996) e, posteriormente, Oliveira, Lima, Esteves e Assis (1999), por exemplo, utilizaram a matriz apresentada na Figura 3, “customizada” no *software* MASTERGUIDE®[46]. Essa matriz utiliza quatro intervalos discretos de categorias de freqüência, convencionadas como Remota (RE), Pouco Provável (PP), Provável (PR) e Freqüente (FR), e, de maneira similar, quatro intervalos discretos de graus de severidades, convencionadas em Pequena (PQ), Relevante (RL), Severa (SV) e Catastrófica (CT). A matriz do tipo “4x4” assim formatada é denominada "Matriz de Riscos", consiste de um “espaço amostral” onde cada par de “freqüência x severidade” associado a cada cenário de acidente é nela lançado, recebendo então uma classificação da caracterização dos níveis de risco: Risco Crítico (RC), Risco Moderado (RM) e Risco Não Crítico (RNC). Na Figura 3, a letra A, designa, segundo a metodologia, as medidas mitigadoras aconselháveis de serem adotadas, N, as necessárias e I, as imprescindíveis. A letra H indica os cenários que precisam ser analisados também com a técnica de HAZOP. Os campos dos riscos RC, RM e RNC, são indicados na Figura 3, respectivamente, em vermelho [**x x x x**], laranja [• • • •] e azul [ ].

---

[46] De propriedade da DNV PRINCIPIA.

| Descrição | S / F | SEVERIDADE | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Pequena (PQ) | Rele-vante (RL) | Severa (SV) | Catas-trófica (CT) |
| FREQÜÊNCIA | Freqüente (FR) | ●●●● N | ●●●● N / H | ×××× I / H | ×××× I / H |
| | Provável (PR) | A | ●●●● N | ●●●● N / H | ×××× I / H |
| | Pouco Provável (PP) | A | A | ●●●● N | ●●●● N / H |
| | Remota (RE) | A | A | A | ●●●● N |

**Figura 3** - Classificação qualitativa de riscos.
Fonte: Esteves (1996).

Ainda conforme proposto anteriormente, as alocações dos diversos pares de freqüências e severidades podem ser realizadas através de duas tabelas específicas de categorização, com intervalos discretos de freqüência e de severidade mostrados nos Quadros 7 e 8.

Exemplificando, o Quadro 7 foi convencionado ser discretizado com quatro categorias de freqüência, com extremos das faixas variando, de forma equivalente, entre $10^{-1}$ ocorrências/ano (freqüente) e $10^{-4}$ ocorrência/ano (remota). O que "quantifica" os limites das faixas é o histórico de acidentes e de falhas dos diversos tipos de instalação de processamento, fundamentados na experiência internacional registrada em bancos de dados de acidentes como o MHIDAS, WOAD[47], *Accidents Associated with Oil and Gas Operations - Outer Continental Shelf*/1956-1990[48] e do DOT/NTL[49], e bancos de dados de falhas de componentes e equipamentos como o OREDA[50], GPERD[51] do CCPS/AIChE e outros da comunidade internacional como, por exemplo, IEE std 500[52], RDB[53], ou mesmo parâmetros obtidos com fabricantes.

---

[47] *Worldwide Offshore Accident Data Bank.*
[48] *U.S. Department of Interior - Mineral Management Services,* EUA.
[49] *United States Department of Transportation/National Transportation Library*, dos EUA.
[50] *Offshore Reliability Data Handbook,* de um consórcio de cinco empresas européias.
[51] *Guidelines for Process Equipment Reliability Data*
[52] *Guide to the collection and presentation of electrical, electronic, sensing component, and mechanical equipment reliability data for nuclear-power generating stations*
[53] *Reliability Data Book*, desenvolvido pelo *Joint Research Center*, Itália.

| CATEGORIAS DE FREQÜÊNCIA DE OCORRÊNCIA DE CENÁRIOS DE ACIDENTE | | | |
|---|---|---|---|
| **Classe** | **Denominação** | **Freqüência** | **Descrição** |
| **FR** | **FREQÜENTE** | Chance de ter até 10 ocorrências por ano. | Esperado ocorrer várias durante a vida útil da instalação. |
| **PR** | **PROVÁVEL** | Chance até 1/100 de ter 1 ocorrência por ano. | Esperado ocorrer pelo menos uma vez durante a vida útil da instalação. |
| **PP** | **POUCO PROVÁVEL** | Chance até 1/1.000 de ter 1 ocorrência por ano. | Pouco provável de ocorrer durante a vida útil da instalação. |
| **RE** | **REMOTA** | Chance até 1/10.000 de ter 1 ocorrência por ano. | Teoricamente possível, porém extremamente pouco provável de ocorrer durante a vida útil da instalação. |

**Quadro 7 -** Categorias de freqüência.
Fonte: Esteves (1996).

Já no Quadro 8, da mesma forma que no Quadro 7, foram convencionados quatro graus de severidade, além dos seguintes atributos: continuidade operacional, propriedades e instalações, pessoal da operação, meio ambiente e terceiros. Dependendo do tipo de propósito ou enfoque a que se destinará a análise, eles poderão ser reduzidos, modificados ou serem até mesmo ampliados para incluir outros aspectos como, por exemplo, lucros cessantes ou outros julgados necessários.

| GRAUS DE SEVERIDADE DAS CONSEQÜÊNCIAS DOS CENÁRIOS DE ACIDENTE | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Danos Causados pelas Conseqüências (*) | | | | | | |
| **Classe** | **Denominação** | **Continuidade Operacional** | **Propriedade e Instalações** | **Pessoal da Operação** | **Meio Ambiente** | **Terceiros** |
| **PQ** | **PEQUENA** | Sem distúrbios ou distúrbios insignificantes na operação. | Sem danos ou danos não significativos. | Ferimentos pequenos sendo tratados com primeiros socorros na instalação (ex: arranhões). | Pequenos vazamentos de fluído pressurizado (ex: gás natural) sem danos ao meio ambiente por emissões diretas. | Sem danos ou danos não significativos. |
| **RL** | **RELEVANTE** | Pequenos distúrbios com rápido retorno ao regime normal de operação sem parada de produção. | Danos materiais leves controláveis e/ou de baixo custo de reparo<br><br>Danos restritos à instalação, ou devido à presença de pequeno inventário de inflamável nas proximidades. | Ferimentos leves sem afastamento sendo tratados fora da instalação (ex: cortes profundos). | Pequeno vazamento de fluido perigoso não pressurizado (ex.: óleo lubrificante para o piso) vazamento controlável e/ou de baixo custo de reparo.<br><br>Dano ao meio ambiente por emissões diretas até 5 $m^3$. | Exposição ao risco sem causar lesões e ferimentos. |
| **SV** | **SEVERA** | Distúrbios severos com parada momentânea da produção (ex: instalar raquete na linha para troca de válvula). | Danos severos com parada ordenada da instalação, exigindo ação corretiva imediata evitando evoluir para catástrofe. | Ferimentos graves com afastamento (ex: fraturas). | Vazamento de fluído perigoso não pressurizado.<br>Dano ao meio ambiente por emissões diretas de 5 a 20 $m^3$. | Exposição ao risco podendo causar lesões e ferimentos. |
| **CT** | **CATASTRÓFICA** | Distúrbios incontroláveis não podendo voltar à operação normal, exigindo parada total da produção. | Danos irreparáveis com parada desordenada da instalação, exigindo reparos lentos ou de altíssimo custo.<br><br>Danos que ultrapassem a instalação podendo galgar a parte externa, com presença de grandes inventários de produtos perigosos. | Morte e lesões em várias pessoas. (ex: amputação e/ou morte) | Vazamento de grau de quantidade de fluido perigoso pressurizado ou não pressurizado<br><br>Dano ao meio ambiente por emissão direta de mais de 20 $m^3$. | Exposição prolongada ao risco com morte e lesões em várias pessoas. |

**Quadro 8** - Graus de severidade.
(*) Os danos podem ocorrer ou não simultaneamente.
Fonte: Esteves (1996).

O produto principal obtido com o uso das técnicas de APR e HAZOP redunda em um conjunto de recomendações técnicas e gerenciais e de medidas de mitigação de riscos a serem implementadas nas instalações operacionais, que segundo Oliveira, Bardy e Esteves (1998) podem ser de duas categorias:

a) Obrigatórias (tipo "O"), como sendo aquelas que se referem a normas ou padrões de operação já existentes na corporação, não envolvendo nenhum custo extra para a sua implementação, não necessitando nenhuma alteração nas instalações seja ela de *software* ou de *hardware* ou em procedimentos de operação. Elas não são hierarquizadas nem pelos custos nem pelos prazos, mas somente classificadas pelos riscos, em Riscos Críticos (RC), Riscos Moderados (RM), Riscos Não-Críticos (RNC). Dentro de cada categoria de risco, elas são listadas por ordem cronológica em que aparecem na Análise de Riscos;

b) Melhoria (tipo "M"), como aquelas Medidas Mitigadoras que se referem a modificações de *software* ou de *hardware* nas instalações operacionais ou de procedimentos de operação. As intervenções são hierarquizadas pelo risco, pelo custo e pelo prazo de execução e "desempatadas" quando houver coincidências.

2.8.2.2 ARP's iniciais

- Plantas de processo existentes

  Para instalações operacionais existentes, as ARP's são realizadas segundo uma ordem de prioridade, levando-se em conta o critério de priorização definido anteriormente apresentado e os seguintes fatores:

  - ◇ A instalação proporcionar um elevado índice SHI ou grandes inventários de produtos tóxicos, inflamáveis ou explosivos;
  - ◇ Proximidade com áreas densamente povoadas ou instalações com grande número de trabalhadores;
  - ◇ Complexidade do processo;
  - ◇ Condições de operações severas envolvendo altas temperaturas ou pressões, assim como, condições severas de corrosão e erosão.

- Instalações operacionais novas

No caso de instalações operacionais novas, adota-se o que foi recomendado nas Análises de Riscos para instalações existentes, requerendo-se, necessariamente, ser implementado antes de sua pré-operação. As seguintes considerações são observadas na execução de ARP's para novos projetos:

◇ Experiência anterior com o processo;

◇ Circunstâncias do projeto, tais como projeto conduzido em prazos menores dos que definidos em cronogramas ou alterações havidas no projeto ou na equipe que o executou.

#### 2.8.2.3 ARP's periódicas

Avaliações dos Riscos de Processo necessitam ser revisadas periodicamente em intervalos entre 3 e 10 anos. No caso de ter havido acidente na Planta ou que tenha tido alteração no seu projeto original, é recomendável uma avaliação imediata. Os fatores de prioridade listados anteriormente para as ARP's iniciais ou mudanças na tecnologia do processo, ou na própria instalação são considerados para se estabelecer priorização entre aquelas de um mesmo local ou parte delas e a freqüência de revisão. A Gerência da Unidade de Negócios procura estabelecer programas de acompanhamento dessas avaliações.

#### 2.8.2.4 Equipe de analistas

Tanto as ARP's iniciais e periódicas necessitam ser realizadas por equipe de profissionais com sólidos conhecimentos de projeto, operação, processamento, segurança industrial e meio ambiente, inspeção, manutenção e instrumentação. Nessa equipe, necessariamente, precisa haver a presença de um profissional com experiência em Análise de Riscos.

2.8.2.5 Relatórios das ARP's realizadas

Relatórios formais são elaborados e emitidos pela Equipe de Analistas e distribuídos à Gerência da UN. Essas por sua vez estabelecem atribuições e responsabilidades para implementar o que foi recomendado nas ARP's, estabelecendo rotinas de acompanhamento das ações tomadas pelas várias partes envolvidas.

2.8.2.6 Aspectos de gestão do conhecimento

Conforme a percepção da experiência de Esteves (1996), a falta de execução sistemática e periódica de ARP's é uma questão de suma importância. Embora seja comum se realizar avaliações de segurança em novos projetos, são raras as revisões regulares em instalações existentes.

Além de prover subsídios e recomendações para a segurança da operação, manutenção preventiva, procedimentos de operação, procedimentos de emergência, práticas de trabalho seguro e para o treinamento adequado, algumas avaliações de riscos são necessárias de modo a priorizar os investimentos.

Apesar da API RP 750 condicionar a necessidade das análises às instalações que processem materiais altamente perigosos, é importante se considerar as instalações vizinhas que podem sofrer impactos, como por exemplo, utilidades e unidades *upstream* e *downstream*, podendo ser útil também se fazer reavaliação de todas as instalações de processo. Para as áreas consideradas menos perigosas, o mecanismo de triagem/priorização poderia ser utilizado para determinar que áreas dentre elas seriam reavaliadas, utilizando-se técnicas menos sofisticadas, como, por exemplo, a técnica simplificada de análise qualitativa de riscos "E Se?"[54]. Embora não haja recomendação explícita, é necessário ser considerado também o uso da técnica de HAZOP para os casos onde se requeira uma análise mais detalhada.

Algumas ocorrências envolvem um número de falhas mecânicas e humanas. Outras têm um custo muito elevado para mitigá-las. Nestas situações, uma análise mais detalhada das

[54] Na literatura internacional essa técnica é conhecida como *"What-if?"*.

falhas usando técnicas como, por exemplo, Árvores de Falhas pode se afigurar como mais adequada no cálculo de tais freqüências.

Na priorização das unidades para uma ARP, outros fatores além das conseqüências potenciais, como por exemplo, a proximidade a áreas densamente povoadas, complexidade do processo (por exemplo, reatividade) e condições severas de processamento, necessitam também ser consideradas.

### 2.8.3 **Gerenciamento de modificações (*Management of Change*)**

#### 2.8.3.1 Tipos de modificações

Instalações de processamento estão sujeitas a contínuas modificações para aumentar a eficiência, melhorar seu desempenho operacional e segurança, incorporar inovações tecnológicas e implementar melhorias mecânicas, elétricas e eletrônicas. Nessa ocasião, reparos temporários, interconexões, *bypasses* ou outros necessários à operação, podem introduzir novos riscos ou comprometer salvaguardas existentes no projeto original. Considerando a complexidade inerente às instalações de produção, faz-se mister compreender as implicações que tais modificações acarretam na segurança do processo. Um sistema gerencial apropriado é recomendado ser previsto para assegurar que os riscos a elas associados possam ser tempestivamente identificados, avaliados e mitigados, por meio da aplicação de técnicas de Análise de Riscos como, por exemplo, APR, HAZOP e FMEA.

Segundo a API RP 750, existem alguns tipos principais de modificações que são consideradas em uma Planta de processamento:

- Modificações na tecnologia;
- Modificações na Planta;
- Modificações na força de trabalho.

#### 2.8.3.2 Modificações na tecnologia

Modificações na tecnologia surgem toda vez que há alterações no projeto de processamento ou mecânico. Modificações na tecnologia podem ocorrer por mudanças nas especificações de insumos, catalisadores e produtos, nos inventários de produtos derivados e efluentes, ou ainda, sistemas de instrumentação e controle ou até mesmo materiais de construção.

Mudanças na tecnologia podem incluir:

- Projeto de novas Plantas que envolvem interligações ou modificações de equipamentos em Plantas existentes;
- Projetos para aumentar a produção da Planta ou incluir diferentes matérias primas ou produtos;
- Mudanças relevantes de condições e procedimentos operacionais, incluindo pressões, temperaturas, vazões, ou condições diferentes de processo do projeto (processamento e mecânico) original;
- Pressões e vazões das utilidades e alterações na classificação de áreas;
- Modificações em equipamentos, incluindo a adição de novos, modificações dos existentes, e aumento de sua disponibilidade;
- Modificações no processo ou em equipamentos que causem necessidade de se prever aumento dos sistemas de alívio e despressurização;
- *Bypasses* em torno de equipamentos normalmente em operação bem como seus intertravamentos; Modificações em procedimentos operacionais e em partida e parada normais, bem como em parada de emergência;
- Operações a carga reduzida ou fora dos limites operacionais;
- Modificações executadas no projeto de processamento, mecânico, elétrico, eletrônico e de instrumentação ou ainda, em procedimentos operacionais, resultantes da ARP conforme recomendações do item 2.8.2- Análise de Riscos de Processo (ARP);
- Introdução de novos ou diferentes produtos químicos no processo, incluindo agentes anti-corrosivos, inibidores de incrustações, anti-espumantes, anti-coagulantes e anti-floculantes

#### 2.8.3.3 Modificações na Planta

Modificações acontecem toda vez em que há mudanças físicas, no campo, que não aparecem nos fluxogramas de engenharia do projeto original. Conexões temporárias ou componentes substituídos de forma improvisada, representam mudança nas instalações. Isso inclui:

- Substituição de equipamentos ou máquinas que difiram dos originais;
- Tubulação, conexões ou mangueiras temporárias;
- Suportes de tubulação e contraventamento de estrutura para aumentar cargas estáticas;
- Tubulações e conexões provisórias de processo e de utilidades;
- Bombonas e tambores provisórios de suprimento de materiais utilizados ou não no processo, localizados no interior da Planta;
- Equipamentos e conexões elétricas provisórias.

#### 2.8.3.4 Modificações na força de trabalho

Modificações ocorrem toda vez em que há mudanças de pessoas que estão na linha e que de alguma forma estão envolvidas, fundamentalmente, com a operação da instalação. Isso inclui:

- Mudança e passagem de turnos;
- Substituições de empregados durante folgas, licenças, doenças;
- Utilização de empregados próprios novos sem o devido treinamento;
- Utilização de empregados contratados novos sem o devido treinamento;
- Utilização de empregados com algum tipo de lesão, doença ou problema psicológico.

#### 2.8.3.5 O gerenciamento das modificações

É necessário ao gerenciamento, estabelecer e implementar procedimentos formais para se administrar modificações na tecnologia e nas instalações operacionais. Eles precisam ser flexíveis o suficiente para contemplarem tanto modificações de grande como nas de pequeno

porte, serem compreendidos, aceitos e utilizados pelos usuários. É recomendável que os procedimentos considerem os seguintes aspectos:

- Bases de projeto de processo e mecânico para as modificações propostas;
- Análise das condições de segurança, saúde ocupacional e considerações de meio-ambiente envolvidas nas modificações propostas, inclusive as ARP's conforme contemplado no item 2.8.2 - Análise de Riscos de Processo (ARP), do presente trabalho. Inclui-se, também, como estas modificações alteram o processo a montante e a jusante das instalações operacionais em exame;
- Necessidade de modificações em procedimentos operacionais;
- Divulgação das mudanças propostas e suas implicações ao pessoal envolvido;
- Gerar necessária documentação técnica antes de implementar a modificação;
- Duração da modificação;
- Obtenção das autorizações gerenciais, inclusive licenças junto às autoridades competentes.

#### 2.8.3.6 Aspectos de gestão de conhecimento

Conforme Ozog e Stickles (1993), a gestão de mudanças costuma ser um dos aspectos mais críticos em um GRP, pois freqüentemente está ausente nos programas existentes nas instalações. As corporações têm procedimentos adequados para reavaliação global de segurança em projetos de grande porte, enquanto que, por outro lado modificações de pequeno porte, comumente são feitas a título de manutenção, o que pode ser letal, redundando, na maioria dos casos em acidentes sérios.

Um importante pré-requisito para um bom gerenciamento é a existência de um sistema que distinga entre as modificações decorrentes da manutenção normal (por ex., troca de peças) daquelas executadas em virtude de alterações de grande porte. Embutida em suas filosofias de manutenção muitas empresas têm procedimentos adequados para reavaliação em projetos de grande porte, enquanto que, por outro lado, modificações de pequeno porte nas Plantas, freqüentemente são feitas a título de manutenção.

Se a instalação tem um bom mecanismo para se identificar todas as modificações de projeto (por exemplo, através de um sistema de Permissão de Trabalho) e para assegurar que estas modificações obedeçam ao projeto e às normas de Segurança, o número de outras

modificações que requerem reavaliações formais pode ser minimizado. No Quadro 9 estão listados os tipos de modificações que não são necessariamente consideradas como de grande porte, conforme experiências de Ozog e Stickles (1993).

| **TIPOS DE MUDANÇAS NO GERENCIAMENTO DE MODIFICAÇÕES CONSIDERADAS COMO DE PPEQUENO PORTE** |
|---|
| • Quaisquer revisões de desenhos e manuais;<br>• Alterações no material de construção, metalúrgica ou no dimensionamento de equipamentos e linhas;<br>• Uso de gaxetas ou parafusos diferentes;<br>• Alterações em bocais de equipamentos, internos, *vents* e drenos;<br>• Alterações em sede de válvulas, placas de orifício, impelidores de equipamentos rotativos e pistões/bielas de máquinas alternativas;<br>• Alterações em suportes de tubulação apoiados em equipamentos: mudanças que podem aumentar a carga estática ou de vento em estruturas e plataformas;<br>• Alterações em sistemas de combate a incêndio ou de proteção passiva contra fogo;<br>• Alterações em *set points* de válvulas de alívio ou de quebra-vácuo;<br>• Qualquer inter-travamento ou *by-pass* de equipamentos;<br>• Alterações em *set points* de alarme e inter-travamento;<br>• Introdução de novos insumos ao processo, tais como lubrificantes, fluídos de limpeza ou tratamento químico;<br>• Alterações no tipo, pressão ou vazão de utilidades;<br>• lnterações de classificação de áreas;<br>• Alterações em procedimentos operacionais;<br>• Operação fora dos limites críticos operacionais;<br>• Alterações na lógica de malhas de controle e automação;<br>• Uso de equipamentos alugados, andaimes, guindastes, etc.;<br>• Qualquer mudança temporária. |

**Quadro 9** - Tipos de mudanças no gerenciamento de modificações.
Fonte: Ozog e Stickles (1993).

Para consubstanciar tais assertivas, a Foto 12 ilustra um interessante exemplo de como uma alteração no material de construção, metalúrgica ou no dimensionamento de equipamentos e linhas, mencionada no Quadro 9, podem redundar num acidente de grandes proporções. A Hydrocarbon Risk Consultants Ltd (HRC), em 2003, registra que o Departamento de Manutenção de uma planta de derivados de lubrificantes no Extremo Oriente incidentalmente substituiu uma linha de aço inoxidável por outra de aço carbono,

quando a planta estava num *revamping*. A linha estava instalada no fundo de uma coluna de destilação e operava a alta temperatura, um pouco acima da temperatura de auto-ignição do fluido do fundo da torre. Cerca de dois anos depois, a linha rompeu e, com vazamento, houve um incêndio imediato de grandes proporções, conforme ilustrado na Foto 12.

**Foto 12 -** Incêndio de grandes proporções em uma planta de derivados de lubrificantes, decorrente de modificação em material de construção.
Fonte: Risk Engineering Newsletter (2003).

A Hydrocarbon Risk Consultants Ltd reporta também alguns dados de custos de perdas materiais relacionadas como uso de materiais inadequados. Segundo essa empresa, há indicações de as falhas estarem relacionadas notadamente com corrosão e erosão, não detectadas pela atividade de Inspeção, que verificaria se os materiais comprados e instalados tinham as mesmas especificações que constavam na ordem de fabricação. Dentre as perdas mais notáveis podem ser citadas as mostradas no Quadro 10.

Os aspectos que usualmente não são classificados adequadamente na maioria das corporações incluem: modificações temporárias, modificações de procedimentos e modificações em parâmetros operacionais. Por exemplo, se a temperatura de um material perigoso escoando num duto aumenta, a linha pode ter sido projetada com um coeficiente de segurança adequado para suportar uma temperatura mais alta, porém, por outro lado, a taxa de corrosão pode sofrer alterações e a reavaliação desses tipos de modificações considera os efeitos secundários das condições do processo. Algumas modificações podem requerer uma ARP e também um critério adequado para sua execução.

| PERDAS FINANCEIRAS DECORRENTES DO USO MATERIAIS DIFERENTES DOS ESPECIFICADOS | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **País** | **Ano** | **Instalação** | **Tipo de perda** | **Valor (US$ milhões)** |
| EUA | 1988 | Refinaria de Petróleo | Falha na linha de topo de grande extensão de uma torre de fracionamento dimensionada sem limite de tolerância, resultando em uma *UVCE* com danos materiais em instalações vizinhas e propriedades. | 410 |
| Kwait | 2000 | Refinaria de Petróleo | Falha de uma linha de condensado resultando em uma *UVCE*, com danos materiais em instalações vizinhas e propriedades. | 380 |
| Reino Unido | 2001 | Refinaria de Petróleo | Falha de uma linha de grande extensão a jusante de um ponto de injeção de água em um campo de petróleo, seguida de uma *UVCE* com danos materiais em instalações vizinhas e propriedades. | 250 |

**Quadro 10 -** Perdas materiais devido ao uso de materiais de construção não-conformes com as especificações.
Fonte: Risk Engineering Newsletter (2003).

Um procedimento de Gerenciamento de Modificações eficaz também necessita prever atualização de desenhos e procedimentos, a fim de refletir as modificações implementadas. Por essa razão, este item costuma ser um dos aspectos mais importante de um programa de GRP.

### 2.8.4 **Procedimentos de operação (*Operating Procedures*)**

#### 2.8.4.1 Conteúdo dos procedimentos de operação

Conforme a API RP 750, é necessário serem elaborados Procedimentos de operação formais para todas as instalações operacionais sujeitas a esta Prática Recomendada, especificando:

- Cargo das pessoas responsáveis pelas áreas operacionais;
- Instruções precisas para operação em segurança de cada Planta consistentes com as Informações de Segurança do Processo;

- Condições operacionais e etapas das seguintes fases operacionais:
  - ◇ Partida inicial;
  - ◇ Operações normais;
  - ◇ Operações temporárias;
  - ◇ Parada de emergência, incluindo as condições sob as quais ela é necessária e a designação de responsabilidade ao pessoal qualificado de modo a garantir que ela se faça de modo seguro e no momento apropriado;
  - ◇ Parada normal;
  - ◇ Partida após parada programada ou após uma parada de emergência.
- Limites operacionais resultantes das informações especificadas no item 2.8.1 - Informações sobre Segurança de Processo, onde considerações de Segurança estão presentes, contendo descrição de:
  - ◇ As conseqüências de desvios operacionais;
  - ◇ As etapas necessárias para corrigir ou evitar os desvios;
  - ◇ Sistemas de segurança e dispositivos de proteção envolvidos.
- Considerações sobre Segurança, Higiene Industrial e Saúde Ocupacional incluindo:
  - ◇ Propriedades e riscos presentes em insumos usados no processo;
  - ◇ Precauções necessárias para prevenir exposição ao risco, incluindo controles de engenharia e administrativos e Equipamentos de Proteção Individual (EPI);
  - ◇ Medidas de controle para o caso de contato físico ou inalações;
  - ◇ Controle da qualidade de matérias-primas e inventários de insumos e produtos químicos perigosos;
  - ◇ Qualquer perigo especial ou relevante;
  - ◇ Sistemas de segurança (p. ex., inter-travamentos, sistemas de detecção, alivio e despressurização) e suas funções;

#### 2.8.4.2 Implementação de procedimentos de operação

Da mesma forma, o API recomenda que procedimentos para instalações operacionais novas ou que foram modificadas sejam elaborados conforme descrito em 2.8.4.1- Conteúdo dos procedimentos de operação, antes de sua partida.

#### 2.8.4.3 Revisão periódica

Os Procedimentos de operação precisam ser revisados de forma a garantir que reflitam práticas operacionais atualizadas, incluindo mudanças no processo, tecnologia, equipamentos e nas próprias instalações operacionais.

A freqüência da revisão corresponde ao nível de risco apresentado, possuindo periodicidade de 3 a 5 anos, sendo institucionalizado este período.

#### 2.8.4.4 Aspectos de gestão do conhecimento

De acordo com a visão de Ozog e Stickles (1993), procedimentos de operação são elaborados para novos projetos. Raramente, no entanto, são atualizados.

É absolutamente fundamental elaborar Procedimentos de operação formais e escritos para todas as instalações, bem como procedimentos para Plantas novas ou que foram modificadas, antes de sua partida. Os procedimentos necessitam serem revisados de forma a garantir que reflitam práticas operacionais atualizadas, incluindo mudanças no processo, de tecnologia, de equipamentos e nas próprias instalações, por razões de *revamping*[55] ou automação industrial, assunto que será abordado mais adiante no item 3.3.2 - Gerenciamento de riscos.

Na medida em que os operadores se tornam mais familiarizados com as operações das instalações, decresce a necessidade de se recorrer aos procedimentos. Eles servem como um importante instrumento de treinamento e, também por essa razão, mantidos atualizados.

Os procedimentos para avaliação global de segurança de projetos de grande porte e o gerenciamento de modificações requerem a atualização dos procedimentos de operação, em

[55] Modernização.

que as técnicas de Análise de Riscos (APR, HAZOP e FMEA) poderiam ser ferramentas importantes, incorporando resultados dessas análises na melhoria de tais procedimentos.

Entretanto, uma revisão periódica a cada 3 e 5 anos é benéfica para incorporar as mudanças mais sutis na filosofia operacional, nem sempre detectada nos procedimentos formais de alterações, mas também para incluir lições aprendidas nos desvios operacionais e acidentes. A OSHA propõe que os procedimentos operacionais sejam revisados com maior freqüência, de modo que resultem práticas operacionais correntes.

### 2.8.5 **Práticas de trabalho seguro (*Safe Work Practices*)**

Conforme o API, é recomendado que práticas de trabalho seguro estabelecidas em uma empresa petroquímica sejam executadas conforme normas, e utilizadas para garantir as condições de segurança nas atividades de operação, inspeção, manutenção e modificação, que possam de algum modo afetar a segurança do processo. Essas práticas de trabalho seguro são aplicáveis em todas as instalações existentes e devem estar formalizadas através de procedimentos escritos. No caso de instalações novas ou modificadas, elas são colocadas em prática antes da sua partida.

#### 2.8.5.1 Conduta segura durante a execução dos trabalhos

A API RP 750 define também que existam procedimentos de trabalho seguro para operação, manutenção e atividades de modificação, incluindo especificamente abertura de equipamentos de processo e de tubulações, “raquetamento” (*lockout*) e retirada de operação (*tagout*) de geradores de energia elétrica ou mecânica, trabalho que envolva fontes de ignição, entrada em espaços confinados e uso de guindaste ou equipamento pesado similar.

#### 2.8.5.2 Controle de produtos e materiais

É importante identificar e controlar matérias-primas, catalisadores e outros insumos que possam afetar a segurança do processo. Especificações e inventários críticos precisam se definidos e documentados. Recomenda-se que existam procedimentos de controle de qualidade para assegurar que todo os materiais identificados, recebidos e utilizados estejam dentro das especificações.

#### 2.8.5.3 Aspectos de gestão do conhecimento

Ozog e Stickles (1993) sugerem que um grande número de práticas de trabalho seguro, incluindo trabalho que envolva fontes de ignição, entrada em espaços confinados, uso de guindastes ou equipamento pesado similar, etc., existam em uma Planta. Um bom GRP pode ir além, desenvolvendo procedimentos especiais no caso de manuseio de guindastes e em trabalhos de escavação visando prevenir danos em linhas subterrâneas que transportem produtos perigosos.

Por exemplo, a norma 29 CFR 1910.179 para guindastes, estabelece a segurança do equipamento, mas não menciona a possibilidade de um içamento ocasionar danos a equipamento ou tubulação que transporte matérias perigosos. Parte-se do pressuposto que procedimentos especiais para essa operação são desenvolvidos visando assegurar a avaliação apropriada dos riscos inerentes ao içamento sobre equipamentos ou tubulações em operação, determinando se os mesmos precisam ser desligados ou retirados de operação. Se isso não for possível, que o procedimento contenha planos de contingência para isolamento/resposta à emergência, e de retirada do equipamento de operação, no caso de danos aos mesmos.

A norma da OSHA em questão trata especificamente da Permissão de Trabalho a Quente, mas a maioria dos outros itens está coberta por outros regulamentos conforme foi resumido no Quadro 5. Conseqüentemente, a maioria dos requisitos deste item pode ter sua utilização demandada num curto intervalo de tempo. Tendo em vista também que os requisitos da OSHA se aplicam a todas as instalações de processo, eles podem ser aplicados a outros tipos de Plantas, que não somente às da indústria química.

Em tanques de estocagem ou em equipamento de processo, esses controles são geralmente apropriados para catalisadores e insumos básicos para garantir a qualidade destes produtos. Entretanto, outros insumos tais como aditivos ou produtos químicos para

tratamento, não recebem tipicamente os mesmos controles. Também é igualmente importante assegurar que não ocorram reações indesejáveis, através do controle de matérias-primas, agentes desencrustantes, inibidores de corrosão e outros produtos usados no processo de uma Planta.

É uma boa prática estabelecer procedimentos de controle da qualidade para garantir que as Fichas de Informações de Segurança de Produtos Químico dos produtos recebidos estejam disponíveis.

Uma técnica confiável poderia ser a de amostragem de cada recipiente recebido, mas, em alguns casos isso pode não ser prático devido ao grande número de recipientes ou dos riscos em se coletar amostras. Alternativas desejáveis incluem a indicação pelo fornecedor no certificado de análise e/ou uso de conexões específicas para minimizar a possibilidade de se carregar erradamente o recipiente em vaso de processo ou em tanques de estocagem (OZOG; STICKLES, 1993).

### 2.8.6 **Treinamento (*Training*)**

Conforme recomendado pela API RP 750, é necessário haver treinamento para todo a força de trabalho da operação da instalação, de acordo com suas responsabilidades e funções. O treinamento remete aos procedimentos de operação recomendados não item 2.8.4 - Procedimentos de operação, incluindo qualquer modificação na tecnologia ou na Planta.

#### 2.8.6.1 Treinamento inicial

Estabelecer critério de qualificação para todo a força de trabalho de operação. Procedimentos necessitam ser estabelecidos de modo a assegurar que a força de trabalho que opere as instalações operacionais possua o conhecimento e habilidades requeridas para o desempenho das suas funções, incluindo pré-operação e parada das mesmas.

#### 2.8.6.2 Treinamento periódico

Criar programas de reciclagem com ocorrência periódica a cada três anos de forma a garantir que a força de trabalho da operação esteja permanentemente atualizada com os procedimentos descritos no item 2.8.4 - Procedimentos de operação. Alternativamente, podem ser estabelecidos treinamentos para garantir a adequada retenção do conhecimento.

#### 2.8.6.3 Comunicação da modificação

Quando houver modificações nos procedimentos conforme descritos no item 2.8.4 - Procedimentos de operação, toda a força de trabalho da operação necessita ser re-treinada não somente nos tipos de tarefas que lhe são normalmente atribuídas, mas também nos procedimentos recomendados naquele item, e informado sobre as modificações ocorridas antes da operação da instalação.

#### 2.8.6.4 Qualificação dos instrutores e documentação

Desenvolver critérios e procedimentos formais de modo a qualificar os instrutores nas diversas especialidades, e estabelecer o registro e a documentação dos treinamentos realizados, de modo a resgatar informações, atualização e adequação dos instrutores e material didático, bem como para se estabelecer indicadores de desempenho.

#### 2.8.6.5 Aspectos de gestão do conhecimento

Conforme experiências vivenciadas, Ozog e Stickles (1993) reconhecem que existe uma deficiência comum na falta ou no treinamento inadequado de “sala de aula”. Algumas vezes isso ocorre por falta de atualização dos procedimentos de operação. Muito freqüentemente, entretanto, grande parte do treinamento de operadores é realizada “em serviço”. Embora a experiência de campo seja importante para o treinamento é preciso haver equilíbrio.

Treinamento em “sala de aula” provê o operador com informações sobre os princípios termodinâmicos e físico-químicos, os riscos envolvidos na operação, define a filosofia do projeto e explicam as razões para se operar o equipamento de um modo específico. Sem esse conhecimento que é mais bem adquirido em sala de aula, o operador não aprende a enfrentar e resolver problemas tão facilmente e se tornará mais dependente dos controles e de inter-travamentos para prevenir perturbações no processo.

O uso de fluxogramas de engenharia e de procedimentos de operação atualizados como parte do curso de treinamento também assegura a operação dos equipamentos de maneira correta. Treinamento “em serviço” pode redundar em técnicas operacionais de má qualidade ou que atalhos e burlas inadequados possam ser ensinados a um grupo de operadores.

O treinamento em operações rotineiras é raro em plantas de processo. Esse tipo de treinamento é particularmente importante quando os operadores estão qualificados para vários tipos de tarefas, mas, diuturnamente, só trabalham em uma. Nessa situação, o ato de sair da rotina é recomendado que seja incrementado, exigindo que o operador trabalhe fora de suas tarefas habituais em um dado número de turnos a cada ano.

Entre cinco e dez turnos pode ser um número razoável. Quando são feitas modificações significativas nas instalações operacionais, é importante que todos os operadores qualificados sejam treinados, não somente nos tipos de tarefa que lhe são normalmente atribuídas. A norma API RP 750 propõe uma reciclagem em um intervalo de 3 anos. O regulamento proposto pela OSHA inclui o fornecimento de certificado de treinamento.

Portanto, o treinamento contempla os procedimentos operacionais descritos no item 2.8.3 - Gerenciamento de modificações, incluindo as modificações ocorridas nas instalações e na tecnologia do processo, sendo compartilhado entre sala de aula e em serviço. Prever treinamentos iniciais periódicos, após modificações e qualificações de instrutores, levando em conta a utilização de técnicas de Análise de Riscos (APR, HAZOP e FMEA).

### 2.8.7 **Garantia da qualidade e integridade mecânica de equipamentos críticos (*Assuring the Quality and Mechanical Integrity of Critical Equipment*)**

#### 2.8.7.1 Fabricação, montagem e manutenção

Conforme preconizado pela API RP 750, equipamentos críticos usados para processar, estocar ou manusear hidrocarbonetos necessitam ser projetados, construídos, instalados e mantidos de forma a minimizar os riscos de danos à saúde do trabalhador e ao meio ambiente. Isso requer a implantação de um programa de integridade dos equipamentos críticos, de forma a garantir a continuidade e a integridade dos mesmos.

Da mesma forma, é preciso que sejam implementados procedimentos de inspeção antes da fase da partida da Planta, de forma a garantir que a montagem desses equipamentos esteja consistente com as especificações do projeto e instruções do fabricante. Já para a manutenção, o API recomenda que haja sistemas de manutenção que contemplem inspeção e testes apropriados dos mesmos visando sua integridade mecânica. Esses sistemas incluem:

- Procedimentos de operação e manutenção que assegurem a integridade dos equipamentos[56];
- Treinamento do pessoal de manutenção na aplicação desses procedimentos;
- Procedimento de controle de qualidade que assegure que os materiais, equipamentos (principais e reservas) e peças de reposição estejam de acordo com as especificações de projeto;
- O pessoal da manutenção e empregados contratados estejam qualificados para o exercício de suas funções,
- Procedimentos para assegurar que todas as modificações na tecnologia e nas instalações sejam revistas apropriadamente e implementadas de acordo com o item 2.8.3 - Gerenciamento de Modificações.

#### 2.8.7.2 Inspeção e testes

Por esse referencial, a Planta precisa dispor de um programa para inspeção e teste de equipamentos críticos, que inclua:

- Lista dos equipamentos e sistemas críticos que sejam passíveis de inspeção e testes. Essa lista inclui vasos de pressão, tanques de armazenamento, linhas críticas, sistemas de alívio e despressurização, sistemas de parada de emergência, controles, alarmes e inter-

[56] A API RP 750 remete à publicação técnica API *Publ.* 2007.

travamentos críticos. Essa lista especifica os métodos e freqüências de testes e inspeção, os limites aceitáveis, critérios realização dos testes ou inspeções;

- Procedimentos de inspeção e testes em concordância com as normas e códigos usualmente utilizados na indústria de hidrocarbonetos[57];
- Documentação das inspeções e testes realizados, de modo a subsidiar a definição das modificações necessárias na freqüência dos mesmos, manutenção preventiva, e que documentação se faz necessária ser retida durante a vida útil do equipamento.
- Procedimentos para corrigir operações e equipamentos deficientes que estejam fora dos limites de aceitabilidade;
- Sistema de revisão e de autorização de modificações em inspeções e testes.

#### 2.8.7.3 Aspectos de gestão do conhecimento

A percepção experimental de Ozog e Stickles (1993) aborda dois aspectos: uma função de garantia de qualidade durante o projeto inicial, fabricação e montagem da Planta, e outro, um programa de manutenção preventiva e inspeção para assegurar integridade mecânica durante a vida útil dos equipamentos, de preferência lastreado em Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) e Inspeção Baseada em Risco (IBR).

Para ilustrar a dimensão do problema, a empresa de consultoria em gerência de riscos Hydrocarbon Risk Consultants Ltd revela dados sobre acidentes em dutos e linhas de processo envolvendo prejuízos materiais de mais de US$ 40 milhões, causados por perda de integridade mecânica, através de uma amostra de vinte casos entre 1966 a 2001, obtida de registros em suas bases de dados. Esses dados revelaram que cerca de 50% desses casos aconteceram devido a problemas de corrosão.

As causas raízes dessas perdas não são totalmente conhecidas, mas é razoável admitir que a maioria das falhas na integridade das instalações esteja relacionada também com a atividade de Inspeção. Em recente pesquisa realizada na Europa com empresas do setor de energia, revelou que um dos maiores questionamentos sobre o mérito técnico dos riscos de

---

[57] A API RP 750 sugere o uso da API 510 ou o *API Guide for Inspection of Refinery Equipment* de 1957.

uma instalação, passa pela questão da atividade de Inspeção. Os resultados dessa pesquisa obtida em bases de dados dessa Consultoria encontram-se resumidos no Gráfico 1.

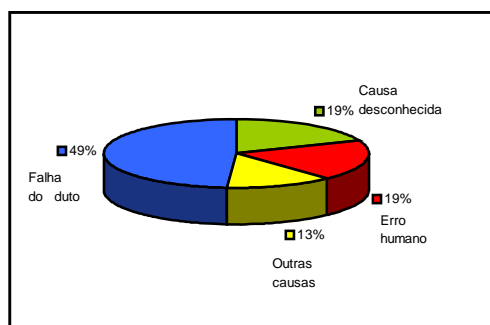



**Gráfico 1 -** Danos à propriedade acima de US$ 40 milhões.
Fonte: Risk Engineering Newsletter (2003).
Adaptação: Alan Da Silva Esteves(2004).

O Quadro 11, elaborado a partir dos dados apresentados pela Hydrocarbon Risk Consultants Ltd (2003), revelam uma cifra alarmante que ultrapassa 2,7 bilhões de Dólares (2.711,1 milhões), gastos com perdas materiais, cobrindo um período de 25 anos. Revelam, ademais, que, em números relativos, 70% dessas perdas se deram em refinarias, e 20% em plantas petroquímicas, muito semelhantes em complexidade tecnológica e em capacidade de processamento as instalações de processamento primário de hidrocarbonetos do segmento *upstream*. Em valores monetários, esses percentuais chegam a, respectivamente, 78% e 17%. Essas cifras evidenciam a importância do tema.

| DATA | PAÍS | ATIVIDADE | INSTALAÇÃO | ITEM | EVENTO | PERDA MATERIAL (US$ milhões) | CAUSA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18/01/66 | Alemanha | Petroquímica | Planta de Etileno | Tubulação | VCE | 40,7 | Falha em tubulação da sucção de compressor por fragilização e fratura. |
| 01/06/74 | Reino Unido | Petroquímica | Planta de Caprolactama | Tubulação | VCE | 146,6 | Falha por causa desconhecida em *by pass* de 20” de duto de movimentação de ciclohexano. |
| 10/02/75 | Bélgica | Petroquímica | Planta de Polietileno | Tubulação | VCE | 78,6 | Falha em linha de *vent* da sucção de compressor de etileno por fadiga. |
| 15/04/78 | Arábia Saudita | Refinaria | Unidade de Gasóleo pesado | Tubulação | VCE | 122,3 | Falha em duto de movimentação de gás de 22” por corrosão interna. |
| 03/10/78 | EUA | Refinaria | Reator de polimerização | Tubulação | VCE | 49,9 | Falha por causa desconhecida em linha de propano de fundo do *reboiler* estabilizador. |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21/07/79 | EUA | Refinaria | Unidade de alquilação | Tubulação | VCE | 50,6 | Falha de joelho em duto de hidrocarbonetos de 12", por corrosão. |
| 20/01/80 | EUA | Refinaria | Unidade de alquilação | Tubulação | VCE | 67,8 | Falha em linha de *flare* por formação de *plug* de hidrato com propano, com posterior ruptura por sobrepressão. |
| 26/02/80 | Canadá | Transporte | Estação de compressão | Duto | Explosão e incêndio | 77,6 | Ruptura de trecho enterrado de duto de gás natural de 36", por corrosão |
| 07/04/83 | EUA | Refinaria | Unidade de FCC | Tubulação | Incêndio | 76,2 | Ruptura de linha de reciclo de borra de 12", por solda mal executada. |
| 15/08/84 | Canadá | Refinaria | Unidade de Coqueamento | Tubulação | Incêndio e explosão | 114,4 | Ruptura de linha de reciclo de borra de 10", por erosão. |
| 05/11/85 | EUA | Armazenagem | Caverna | Tubulação | VCE | 59,4 | Corte indevido por falha humana em linha de gás natural de 10" durante uma intervenção. |
| 05/05/88 | EUA | Refinaria | Unidade de FCC | Tubulação | VCE | 411,4 | Ruptura de linha de propano de 8" do topo da depropanizadora, por corrosão intensa. |
| 11/03/91 | México | Petroquímica | Planta de MCV[58]. | Tubulação | VCE | 191,1 | Falha por causa desconhecida em de duto de transferência. |
| 08/10/92 | EUA | Refinaria | Unidade de Hidrocraquea-mento | Tubulação | VCE | 90,8 | Falha em joelho de linha de 6" de aço carbono, por corrosão/erosão. |
| 09/11/92 | França | Refinaria | Unidade de Recuperação de Gás | Tubulação | VCE | 277,4 | Falha em linha de gás de 8" da deetanizadora, por corrosão alveolar. |
| 02/08/93 | EUA | Refinaria | Unidade de Coqueamento | Tubulação | Incêndio | 80,6 | Falha em joelho durante corte de llinha de coque de 4", por uso indevido de material de construção (aço carbono ao invés de aço-liga de cromo de 5%). |
| 24/07/94 | Reino Unido | Refinaria | Unidade de FCC | Tubulação | VCE | 92,6 | Falha em linha de gás de 12" entre o *flare* e o vaso de selagem, por corrosão intensa. |
| 01/01/96 | EUA | Refinaria | Unidade e Hidrogenação de óleo | Tubulação | Incêndio | 56,7 | Falha por causa desconhecida de linha de transferência. |
| 25/06/00 | Kuwait | Refinaria | Tubovia aérea | Tubulação | VCE | 376,4 | Falha de linha de condensado de 10", por corrosão interna devido à acumulação de água em ponto baixo por longa paralização da linha. |
| 16/04/01 | Reino Unido | Refinaria | Unidade de Tratamento de Gás | Tubulação | Explosão seguida de bolas de fogo | 250,0 | Falha em joelho da linha de 6" do topo da deetanizadora, por corrosão, com posterior ruptura das linhas da fornalha e de retorno do *reboiler*. |

**Quadro 11** - Perdas materiais em 20 acidentes no período de 1966 a 2001.
Fonte: Risk Engineering Newsletter (2003). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

Ozog e Stickles (1993), têm essa mesma percepção, quando observam que a maior fragilidade existente na maioria das Plantas e processo reside na falta de programas detalhados de manutenção preventiva. Enquanto alguns itens, como, por exemplo, válvulas de alívio e *shutdowns* críticos são inspecionados e testados adequadamente, o mesmo não ocorre com outros componentes. No mínimo, alguns alarmes, indicadores e inter-travamentos associados com os parâmetros operacionais críticos são incluídos no programa de manutenção

[58] Monômero de Cloreto de Vinila.

preventiva. É sugerido que haja também uma política de inspeção e/ou substituição de discos de ruptura. Outros itens não especificados na API RP 750 também são incluídos nesse programa, a saber, sistemas de proteção catódica e de aterramento/conexões, fundos de tanque de armazenamento, corta-chama/*vents*, detectores de chama, dispositivos de monitoramento, tubos de permutadores de calor e tubulações enterradas.

A freqüência de inspeção/teste desempenha um importante papel. Ozog e Stickles (1993) e, posterioremente, Esteves e Holanda (1996) sugerem no Quadro 12 algumas freqüências típicas de inspeção/teste, tendo em vista a tendência atual de cada vez mais, grandes complexos petroquímicos e Plantas de processo integradas ampliarem suas campanhas para intervalos de 4 e 5 anos sem haver parada total. Nesse mister, há, por conseguinte, a necessidade de que sejam testadas/inspecionadas periodicamente durante todo esse intervalo, que pode ser revisado de acordo com as necessidades.

| FREQÜÊNCIA TÍPICA | MÉTODO | EQUIPAMENTO | ÁREAS DE INTERESSE |
|---|---|---|---|
| Diária | Inspeção por sensores | Todos | Vazamentos, vibração, corrosão externa, degradação do isolamento térmico. |
| | Inspeção | Instrumentos de monitoramento, painéis de alarmes | Vazões de Processo e de utilidades e sua adequada operação |
| Semanal | Teste de calibração | Analisadores, detectores | Depósitos de materiais (*fouling*), desativação de equipamentos |
| | | Incêndio/sirenes de emergência, geradores de emergência, bombas de combate a incêndio | Operação |
| Bimensal | Inspeção | Retificadores de proteção catódica | Tubulações enterradas |
| Semestral | Inspeção | Vasos de processo e linhas | Ensaios de corrosão, corrosão externa, isolamento térmico |
| Anual | Inspeção | Discos de ruptura, corta-chamas, *vents* para manutenção, dispositivos de controle de pressão | Entulho de operação |
| | Teste | Sistemas de aterramentos | Centelhamento (eletrecidade estática) |
| | Teste | Válvulas de segurança, alarmes, intertravamentos | Atuação de *set points* e a ativação adequada de equipamentos de controle |
| | Teste | Válvulas de controle dos *sprinklers*, teste de extintores de incêndio, mangueiras de incêndio | Corrosão, adequada operação, desgaste, vazamento |
| | Teste | Vasos de processo e linhas | Espessura de parede, visores, emissão acústica |
| | Teste | Válvulas *shutoff/* de bloqueios | Operação |
| Qüinqüenal | Teste | Teste hidrostático[59] e/ou inspeção interna | Todos os vasos de processo |
| | Teste | Teste hidrostático, *pig* inteligente | Tubulações enterradas |
| Uso prioritário | Inspeção | Mangueiras, mangotes flexíveis | Desgaste, danos e vazamentos |

**Quadro 12** - Freqüências de inspeção e teste recomendadas para manutenção preventiva.
Fonte: Ozog e Stickles (1993) e Esteves e Holanda (1996).

[59] O teste hidrostático não é recomendado para equipamentos contendo produtos corrosivos em contacto com água (por exemplo, cloro)

### 2.8.8 **Revisão de segurança na pré-operação (*Pre-Start-up Safety Review*)**

#### 2.8.8.1 Requisitos

Conforme contextualizado pela API RP 750, revisões de segurança na partida de uma Planta, nova ou modificada, na qual esse referencial é aplicável, devem ser adotadas de modo a confirmar que os seguintes requisitos sejam atendidos:

- Construção e montagem dos equipamentos de acordo com as especificações do projeto;
- Procedimentos de operação, manutenção, segurança e emergência serem adequados;
- Intervenções oriundas das ARP's serem consideradas e executadas conforme requerido;
- Treinamento adequado para o pessoal da operação.

#### 2.8.8.2 Aspectos de gestão do conhecimento

Conforme experiências observadas por Ozog e Stickles (1993), revisões de pré-operação consistem da avaliação do processo no que respeita à segurança ocupacional e operacional. A avaliação global de segurança na pré-operação normalmente tem início com reuniões para debater a conveniência de se implantar as recomendações obtidas na Análise de Riscos de Processo inicial, e são feitas de modo a alavancar melhorias no projeto e na construção tanto do ponto de vista de confiabilidade como do de qualidade.

É recomendável ser verificada a existência de procedimentos operacionais, de manutenção, emergência, e trabalho seguro, assim como o treinamento do pessoal. Também é incluída uma inspeção de campo para se verificar a localização dos equipamentos críticos de segurança, *vents* e drenos, saídas de emergência e facilidades para acesso a válvulas em locais de difícil acesso ou de localização remota.

### 2.8.9 **Controle e resposta a emergência (*Emergency Response and Control*)**

#### 2.8.9.1 Plano de ação de emergência

Conforme os requisitos da API RP 750, um plano de ação de emergência necessita ser estabelecido de acordo com as recomendações constantes em instrumentos normativos, por exemplo, da OSHA:

- 29 CFR *Section 1910.38 (a), Employee Emergency Plans and Fire Protection Plans;*
- 29 CFR *1910.120, Hazardous Waste Operations and Emergency Response.*

A RP 750 recomenda adicionalmente que a formação das brigadas de incêndio atender aos requisitos constantes na 29 CFR 1910.156, *Fire Brigades*.

#### 2.8.9.2 Centro de controle de emergência

Conforme ainda os requisitos do API é preciso se estabelecer um centro dedicado de controle de emergência, equipado com as seguintes características:

Para o controle de emergências das instalações operacionais, as Gerências locais responsáveis pela segurança industrial precisam dispor de:

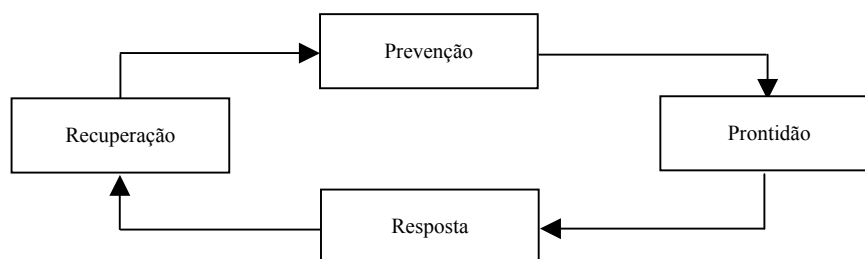
- Plantas atualizadas de localização da Planta;
- Mapas das comunidades vizinhas às instalações operacionais;
- Fluxograma das utilidades incluindo sistema de água de combate a incêndio;
- Sistemas de iluminação de emergência;
- Sistemas de comunicação de emergência;
- Documentos de referência, como por exemplo:
  - ◇ Planos de emergência;
  - ◇ Lista de Órgãos do Poder Público a serem notificados;
  - ◇ Lista de telefones de contato dos envolvidos;
  - ◇ Ficha de dados de segurança de produtos perigosos, manuais e procedimentos para ação de emergência;
- Lista e localização de equipamentos de combate a emergências e informações sobre auxílio mútuo.

- Acesso a dados meteorológicos.
- Diagrama de Atividades para cada tipo e nível de emergência;
- Mapeamento das vulnerabilidades e das zonas críticas;
- Planos de exercícios simulados de atendimento a emergências, de controle de vazamentos e de evacuação de áreas limítrofes.

2.8.9.3 Notificação de emergência

Onde aplicável, o API recomenda que o plano estabeleça procedimentos que se enquadrem nos requisitos definidos com a legislação e normas vigentes.

2.8.9.4 Aspectos de gestão do conhecimento

Conforme proposto pelo AIChE (1992), a prevenção é a primeira fase do ciclo de gerenciamento de emergência. Assim, seu planejamento pode ser estruturado como uma sendo um processo contínuo, cíclico, iniciando com a prevenção, incluindo a prontidão, a resposta e a recuperação, conforme concebido no Fluxograma 3.

**Fluxograma 3** - Quatro fases do gerenciamento de emergência.
Fonte: AIChE (1992)

Todavia, o AIChE (1992) reconhece que o gerenciamento de uma emergência necessita considerar as fases de prontidão e resposta, bem como o planejamento para a recuperação depois de um acidente a fim de minimizar os efeitos de incidentes que podem ocorrer, em que pesem os esforços de prevenção.

A API RP 750 enfoca o gerenciamento no âmbito local, no interior da Planta, não enfatizando detalhes, responsabilidades e atividades de emergência do público externo, sejam esses atores, autoridades municipais, estaduais ou federais. Da mesma forma, também não trata de respostas para atividades de transporte, acidentes envolvendo materiais perigosos fora da instalação, ou emergências médicas no local, geralmente categorizadas como lesões ocupacionais agudas.

Na perspectiva de Ozog e Stickles (1993), os planos de ação de emergência requeridos pela API RP 750 e pela OSHA podem ser visualizados no Quadro 5, quando foi tratado o resumo dos principais elementos de gestão dos referenciais do CCPS, API e OSHA. A despeito desses requisitos, muitas instalações têm deficiências significativas em seus planos, sem falar na disponibilidade de equipamentos. Um dos itens mais freqüentemente esquecidos nos planos de resposta à emergência é uma seção que trate sobre materiais perigosos, sobretudo por não conter um planejamento para definir os cenários de acidente e os planos de ação específicos para o isolamento e o controle de vazamentos. Em instalações em que os planos são colocados em prática, é fundamental que sejam realizados exercícios simulados para se verificar adequação dos mesmos.

Um outro aspecto relevante é que haja dimensionamento adequado de recursos humanos e materiais, fundamentado em legislação específica e quando não exista, que tal dimensionamento seja fundamentado em referenciais aceitos e praticados internacionalmente. Uma das melhores práticas recomendadas é se adotar os resultados obtidos com as ARP's realizadas, em que forem identificados cenários de acidentes e suas possíveis conseqüências, de modo a se dotar recursos humanos e materiais compatíveis com essas necessidades e que conduzam ao pronto atendimento às situações de emergência.

Duarte (2002) pontua que para se preparar um plano de ação de emergência é necessário que tenham sido cumpridas as seguintes etapas:

- Avaliação dos acidentes já ocorridos;
- Identificação dos cenários de acidentes potenciais da Planta;
- Estimativa do espaço vulnerável aos acidentes identificados e de suas respectivas conseqüências.

Oliveira, Lima, Esteves e Assis (1999) assinalam que em primeiro lugar, sejam elaboradas Diretrizes Básicas para um conjunto de Plantas de processamento primário de hidrocarbonetos, como um dos requisitos básicos para complementar uma boa gestão de segurança de processo, de modo a assegurar condições para se evitar ou minimizar os efeitos de acidentes passíveis de ocorrer em uma determinada instalação, com impactos sobre

comunidades limítrofes e propriedades tais como perdas humanas e materiais, danos ao meio ambiente, e às instalações envolvendo operadores e equipamentos possibilitando o breve retorno da instalação à operação normal. Um dos reflexos dessas práticas é a elaboração de instrumentos que contribuam ao máximo na preparação das partes envolvidas para enfrentar uma situação de emergência.

Um desses instrumentos é o Plano de Ação de Emergência. Nele, são definidas as linhas de ação coordenadas a serem seguidas quando da ocorrência de situações de emergência em instalações operacionais da área, otimizando a utilização dos recursos materiais e humanos. As ações são adotadas por pessoas treinadas e, de acordo com a extensão dos possíveis danos, podem restringir-se aos limites das instalações ou envolver órgãos externos, inclusive órgãos públicos e outros órgãos da corporação para adoção de medidas junto ao pessoal externo.

A Estrutura Básica de um Plano de Ação de emergência é realizada utilizando-se como base os resultados obtidos na Análise de Riscos de Processo, objetivando restringir efeitos indesejáveis sobre comunidades limítrofes e sobre os operadores das instalações operacionais.

Por ser básica, a Estrutura objetiva traçar as linhas mestras a serem posteriormente detalhadas e operacionalizadas pela Unidade de Negócios, tomando por base as Diretrizes Corporativas para Elaboração de Planos de Emergência, compatibilizando e otimizando os recursos necessários e disponíveis, com os demais Planos de Emergência existentes na região onde atua a Unidade de Negócios, consolidando a integração dos Planos de Contingência de todas as unidades operacionais na região.

É importante frisar que para manter a eficiência após a sua implantação, o Plano de Ação de Emergência precisa ser periodicamente testado e atualizado, corrigindo-se as deficiências detectadas em cada teste e alterando-se as partes que se tornem obsoletas no decorrer do tempo.

Nesse sentido, Esteves e Melo (2003) quando especificam um escopo para realização de estudo de Análise de Riscos de Processo aplicaram uma metodologia que usualmente contempla a utilização de Diretrizes Básicas para Elaboração de um Plano de Ação de Emergência fundamentado nos resultados encontrados nessas Análises, considerando cenários mais críticos.

Os cenários são hierarquizados para cada Planta com suas caracterizações através de descrições pormenorizadas (número cronológico do cenário, número do equipamento, linha, componente, malha, etc, sistema, sub-sistemas envolvidos, condições de processo, etc., e

todos os efeitos e danos causados pela ocorrência do cenário, de modo absolutamente coerente e entrelaçado com os resultados que foram obtidos na APR/HAZOP) com todas as condições de contorno, premissas assumidas, hipóteses adotadas necessárias ao completo entendimento dos cenários, de modo que permitam posteriormente re-executar simulações de seus efeitos e vulnerabilidades, com fotografias com detalhes sobre os equipamentos.

Essas informações servem então de base para a elaboração das Diretrizes Básicas para elaboração do Plano, objetivando restringir os efeitos dos eventos indesejáveis sobre as instalações, envolvendo pessoal treinado para controle de emergências. Ao se avaliar a necessidade de serem desencadeadas as ações do plano, as medidas podem ser restritas aos limites das instalações ou envolver os Órgãos governamentais para adoção de providências.

As Diretrizes desses Planos, que são detalhados posteriormente em uma outra fase, são assim organizadas:

Capítulo 1 - Objetivo

É o capítulo que descreve sumariamente os objetivos da Diretriz dando ênfase à parte operacional e administrativa com os resultados obtidos na ARP.

Capítulo 2 - Conceitos

Nesse capítulo, são apresentados os seguintes conceitos para melhor compreensão dos usuários do plano:

- Emergência;
- Incêndio;
- Explosão;
- Jato de fogo;
- Explosão de nuvem de vapor, confinadas ou não-confinadas (VCE/UVCE);
- Cenários geradores de emergência;
- Cenário de Acidente;

- Incêndio em Poça;
- Rotina de Ação de Emergência;
- Tipo de Emergência;
- Vazamento de matéria e/ou energia;
- Zona de Emergência.

Capítulo 3 - Característica dos produtos manuseados

É a parte que contem minimamente as seguintes informações:

- Identificação e classificação ONU;
- Principais propriedades físico-químicas;
- Combate a incêndio;
- Riscos à saúde e primeiros socorros;
- Equipamentos de proteção individual;

Capítulo 4 - Classificação dos tipos de emergência

Segundo Oliveira, Lima, Esteves e Assis (1999), a classificação das emergências é realizada com base em resultados da ARP, principalmente em função dos eventos iniciadores de acidente identificados e suas conseqüências.

As situações de emergência podem ser de pequenas ou grandes proporções. As situações de emergência de pequenas proporções, geralmente trazem conseqüências apenas para a área afetada ou para as instalações operacionais e com isso serem tratadas com medidas de controle internas.

Já as situações de emergência de grandes proporções, cujas conseqüências venham a afetar a comunidade externa às instalações, demandam ações e pessoal envolvendo não apenas a corporação, mas justificam a mobilização dos poderes públicos no sentido de orientar e/ou evacuar as pessoas localizadas na área de influência dos efeitos dos acidentes

(radiação térmica, sobrepressão e efeitos tóxicos) e preparo da infra-estrutura necessária para atendimento a eventuais vítimas.

A classificação das emergências pode ser feita considerando, por exemplo, o critério da fenomenologia dos diferentes efeitos físicos que cada vazamento pode gerar, identificando as possibilidades de haver incêndio, explosão e contaminação ambiental. Atribui-se, por exemplo, as letras A, B, C, D, etc., para cada tipo de emergência, para as quais será estabelecido um Conjunto de Rotinas de Emergência[60]. Tem-se então:

Emergência Tipo A: Vazamento com impacto ambiental;
Emergência Tipo B: Vazamento com potencial de gerar incêndio e/ou explosão em nuvem;
Emergência Tipo C: Vazamento com potencial de gerar incêndio em nuvem;
Emergência Tipo D: Vazamento com potencial de gerar incêndio em poça.

# Capítulo 5 - Cenários de acidentes geradores de emergência

Neste capítulo são apresentados os cenários mais críticos com potencial de gerar danos à comunidade próxima, ao meio ambiente ou aos empregados das instalações. Os eventos iniciadores são selecionados a partir da aplicação das técnicas de APR e HAZOP.

Exemplificando com o Quadro 13 a seguir, é mostrada uma distribuição típica dos cenários de acidente que podem ser obtidos para cada tipo de emergência, obtida com dados reais:

[60] Para ilustrar como as emergências podem ser classificadas de outra forma, o sub-item 5.4.9 - Controle e resposta a emergência, que detalha a estrutura desse elemento de gestão do GRP, foi desenvolvido considerando as emergências classificadas por um outro critério, que leva em conta o escalonamento de complexidade, e não a fenomenologia dos efeitos físicos.

| TIPO DE EMERGÊNCIA | CENÁRIO | DESCRIÇÃO | PRINCIPAL PRODUTO VAZADO | MECANISMOS DE VAZAMENTO |
|---|---|---|---|---|
| A | I | Ruptura total do oleoduto na 4ª travessia do Rio *Alfa* (km 15 de *Deltaville*), com inventário de 3 horas de bombeio, retorno do inventário da parte à jusante do ponto de vazamento e retorno de inventário da parte à montante após 3 horas de bombeio (±800 $m^3$/d), seguido de impacto ambiental. | Petróleo | Formação de poça de petróleo em corpo d'água |
| C | II | Ruptura total do gasoduto de 12" entre o Rio *Beta* (km 9 de *Deltaville*) e a travessia da rodovia (km 18 de *Deltaville*), considerando o sucesso da atuação das válvulas bloqueio (válvulas *Hi-Lo*[61]), podendo levar a incêndio em nuvem. | Gás Natural | Dispersão gasosa com jato ascendente na atmosfera |
| D | III | Ruptura total da linha de condensado de vaso de processo, com formação de poça na Estação coletora, podendo levar a incêndio em poça. | Condensado | Formação de poça de condensado |
| B | IV | Ruptura total do *header* de descarga dos compressores podendo levar a incêndio e/ou explosão. | Gás Natural | Dispersão gasosa com jato ascendente na atmosfera |
| B | V | Ruptura total da tubulação de sucção de um dos compressores, com maior vazão e motor a gás, na ECOMP, podendo levar a incêndio e/ou explosão em nuvem. | Gás Natural | Dispersão gasosa com jato ascendente na atmosfera |
| C | VI | Ruptura total do gasoduto de 12" na chegada no Núcleo de Produção *KapaPi*, podendo levar a incêndio em nuvem | Gás Natural | Dispersão gasosa com jato ascendente na atmosfera |

**Quadro 13** - Exemplo de descrição de cenários de acidente.
Fonte: Oliveira, Lima, Esteves e Assis (1999). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

## Capítulo 6 - Parâmetros de zoneamento

Com base nos resultados obtidos nas simulações que são feitas para se calcular os efeitos físicos de cada cenário de acidente, são apresentados os resultados das considerações feitas para os níveis de danos adotados conforme níveis de vulnerabilidade definidos pelo Modelo de Eisenberg (1975) da Guarda Costeira Americana usando as equações de PROBIT, como será visto mais adiante no item 4.3 - Da problemática do cálculo das freqüências,

[61] Válvula de bolqueio com acionamento por pressão e/ou vazão alta ou baixa.

conseqüências e vulnerabilidades. O zoneamento das áreas passíveis de emergências é realizado de acordo com os níveis de vulnerabilidade apresentados no Quadro 14 para fatalidades decorrentes de radiações térmicas, definidos pelo Modelo de Eisenberg (1975).

| FATALIDADE | | FERIMENTOS | |
|---|---|---|---|
| % | Níveis de Fluxo Térmico ($kW/m^2$) | % | Níveis de Fluxo Térmico ($kW/m^2$) |
| 99 | 52,5 | 99 | 9,6 |
| 90 | *38,6* | 90 | 7,4 |
| 50 | 26,6 | 50 | *5,4* |
| 10 | 18,3 | 10 | 4,0 |
| 1 | ***13,4*** | 1 | ***3,0*** |

**Quadro 14** - Níveis de fluxo térmico para 30 segundos de exposição.
Fonte: Esteves e Melo (2003).

No Quadro 15 são apresentados os níveis para fatalidades decorrentes de sobrepressão de pico, definidos pelo Modelo de Eisenberg (1975). Nessa metodologia, as Diretrizes "cruzam" então os cenários de acidente mais críticos obtidos nas APR's, classificados de acordo com os tipos de emergência definidos, com os parâmetros de zoneamento adiante apresentados, obtendo-se Rotinas para Ação em Situações de Contingências específicas para cada tipo de emergência.

| HEMORRAGIA | | RUPTURA DE TÍMPANOS | | DANOS ESTRUTURAIS | | QUEBRA DE VIDROS | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| % | Níveis de Sobrepressão (kPa) | % | Níveis de Sobrepressão (kPa) | % | Níveis de Sobrepressão (kPa) | % | Níveis de Sobrepressão (kPa) |
| 99 | 202,8 | 99 | 144,8 | 99 | 42,8 | 99 | 6,7 |
| 90 | 173,8 | 90 | 82,0 | 90 | 29,6 | 90 | 3,5 |
| 50 | 144,8 | 50 | 43,0 | 50 | 19,3 | 50 | 4,1 |
| 10 | 120,0 | 10 | 22,1 | 10 | 12,4 | 10 | 2,8 |
| 1 | ***103,4*** | 1% | ***13,1*** | 1% | ***8,3*** | 1% | ***2,1*** |

**Quadro 15** - Níveis de sobrepressão.
Fonte: Esteves e Melo (2003)

Para operacionalizar a aplicação da metodologia na elaboração das Diretrizes, considerou-se um fluxo térmico de 37,5 $kW/m^2$ como suficiente para causar danos a equipamentos, segundo o Manual do World Bank (*Techniques for Assessing Industrial*

*Hazards: a manual*). O nível de radiação correspondente a 38,6 kW/m$^2$, bem próximo deste valor, é utilizado nas Análises de Vulnerabilidade, como pode ser observado no Quadro 14. Semelhantemente, é adotado um nível de fluxo térmico de 5,4 kW/m$^2$, por ser este o valor mais próximo de 5,0 kW/m$^2$ fixado como nível limite de fluxo térmico capaz de causar danos à pessoas, segundo dados do LGN *Federal Safety Standards* (1980).

Os valores destacados em itálico negrito sublinhado nos Quadros 14 e 15 representam os valores de níveis de danos considerados relevantes para desenvolvimento do Plano de Ação de Emergência, enquanto que os valores indicados somente em itálico sublinhado são bem próximos aos adotados acima.

Definidos os valores de limiar dos Quadros 14 e 15, são calculados os resultados das piores situações expressas em "raios de percepção" dos efeitos das conseqüências onde ocorrem danos que possam acarretar lesões (3,0 kW/m$^2$ e 13,1 kPa) ao homem e impactos (2,1 e 8,3kPa) a materiais, consubstanciado nos Modelo de Eisenberg (1975).

Continuando, são definidas duas áreas de interesse para a elaboração do Plano de Contingência, classificadas como Área $\beta$ (Zona de Evacuação) e Área $\alpha$ (Zona de Monitoramento). Os valores calculados na ARP são usados para determinação dos raios de alcance e desenvolvimento do Plano de Ação de Emergência, considerando os seguintes níveis de danos, adiante apresentados.

O zoneamento das áreas afetadas pelos danos decorrentes de, por exemplo, derramamento com impacto ambiental, incêndios, explosões ou *blow outs*, tomará por base o balizamento decorrente do cálculo das vulnerabilidades especificadas nos Quadros 14 e 15 e lançados em plantas de locação apresentando os lugares geométricos daquelas áreas.

Exemplificando para o caso de Emergência Tipo B - Acidentes envolvendo vazamento com potencial de gerar incêndio e/ou explosão em nuvem, tem-se:

Níveis Para Sobrepressão de Pico e Impulso de pressão:

Zona $\beta$ - Zona de Evacuação

Escolher o maior alcance entre os seguintes níveis,

Nível 1 - (103,4 kPa): probabilidade de fatalidade de 1% por hemorragia pulmonar para as pessoas expostas

Nível 2 - (13,1 kPa): probabilidade de 1% de ruptura de tímpanos

Nível 3 - (8,3 kPa): probabilidade de 1% de danos estruturais

Zona $\alpha$ - Zona de Monitoramento

Nível 4 - (2,1 kPa): probabilidade de 1% de quebra de vidros

Para os demais tipos de emergência, Tipos A, C e D, zonas $\beta$ e $\alpha$ e tipologias segue-se procedimento análogo.

## Capítulo 7 - Zoneamento das Regiões Impactadas Sensíveis e Áreas de Abrangência do Plano

Nesse capítulo, é executado e apresentado o zoneamento das áreas afetadadas pelos danos decorrentes de incêndios, explosões, vazamentos, etc., lançando-se em planta geral das instalações, os lugares geométricos das vulnerabilidades de 99, 90, 50, 10 e 1%, com cores e legendas diferentes, para operadores, terceiros, meio ambiente, instalações, etc., conforme pode ser observado na Figura 4.

Usando dados obtidos em estudo de Análise de Riscos, por Oliveira, Diniz, Esteves e Lima (2001), é apresentado na Figura 4 um exemplo para se visualizar os resultados obtidos com o cálculo dos Efeitos e Vulnerabilidades. Na planta baixa são mostradas uma Planta de processo, esferas de armazenamento o *Flare*, dentre outras áreas do processo, considerando a tipologia dos danos materiais para quebra de vidros na Zona $\alpha$ - Zona de Monitoramento numa Emergência Tipo B. A área hachurada em azul, por exemplo, indica que 1% dos prédios ao redor do núcleo de produção poderão ter suas vidraças estilhaçadas com um pico de sobrepressão de 2,1 kPa até 351m do epicentro da explosão no interior da planta de processo.

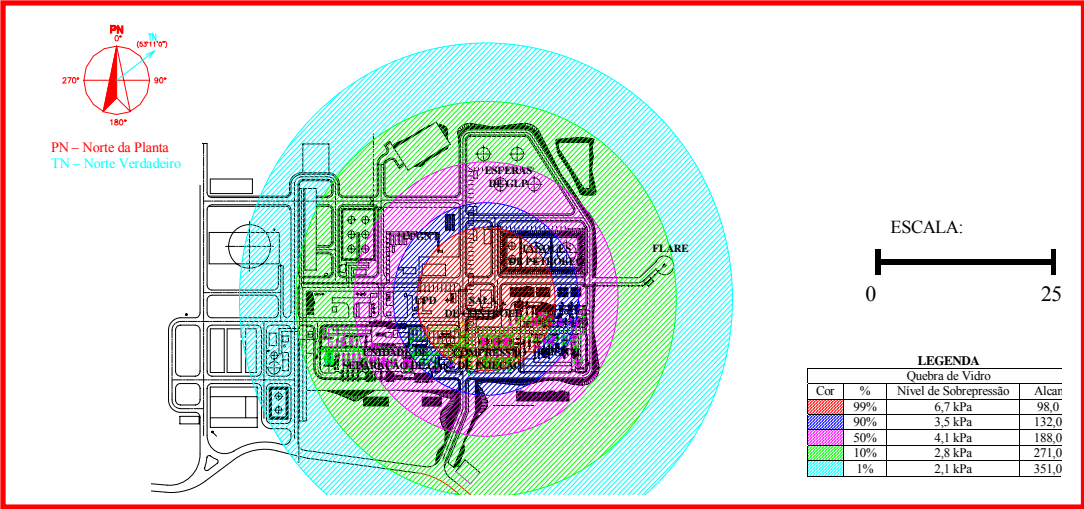



**Figura 4** - Exemplo de área sensível à explosão em nuvem para efeitos físicos e vulnerabilidades para quebra de vidros em prédios nas áreas de influência no entorno de Plantas de processo.
Fonte: Oliveira, Diniz, Esteves e Lima (2001); Cortesia: DNV PRINCIPIA (2004).

Já a Figura 5 apresenta exemplo real de definição de a área vulnerável sensível a incêndio em nuvem em uma Planta de Compressão de Gás, correspondente aos Cenários IV e V, no caso de Emergência Tipo B, apresentados no Quadro 13.

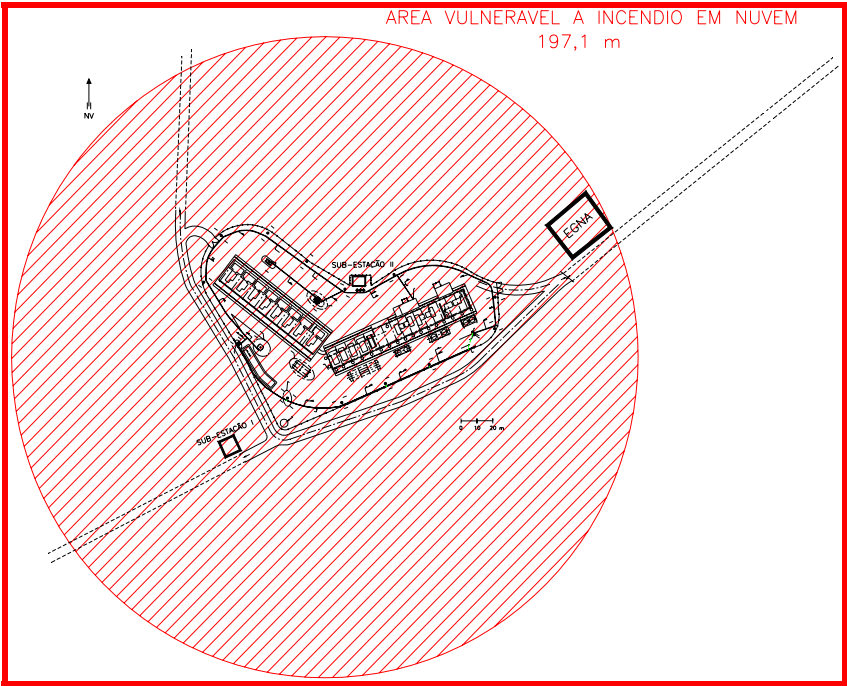



**Figura 5** - Área vulnerável a incêndio em nuvem em uma Planta de compressão de gás - Cenários IV e V- Emergência Tipo B.
Fonte: Oliveira, Lima, Esteves e Assis (1998). Cortesia: DNV PRINCIPIA (2004).

A Figura 6 apresenta a área vulnerável à dispersão com gás tóxico, mostrando as curvas de vulnerabilidade nas cores verde, amarela e vermelha, correspondentes a, respectivamente 1%, 50% e 99% de chance de fatalidade, ao longo da geratriz de um duto. Note-se que os acidentes acompanham a geratriz, e, nas áreas próximas à Planta e a povoados, a vulnerabiliade ganha contornos semelhantes às curvas das Figuras 4 e 5 acima.

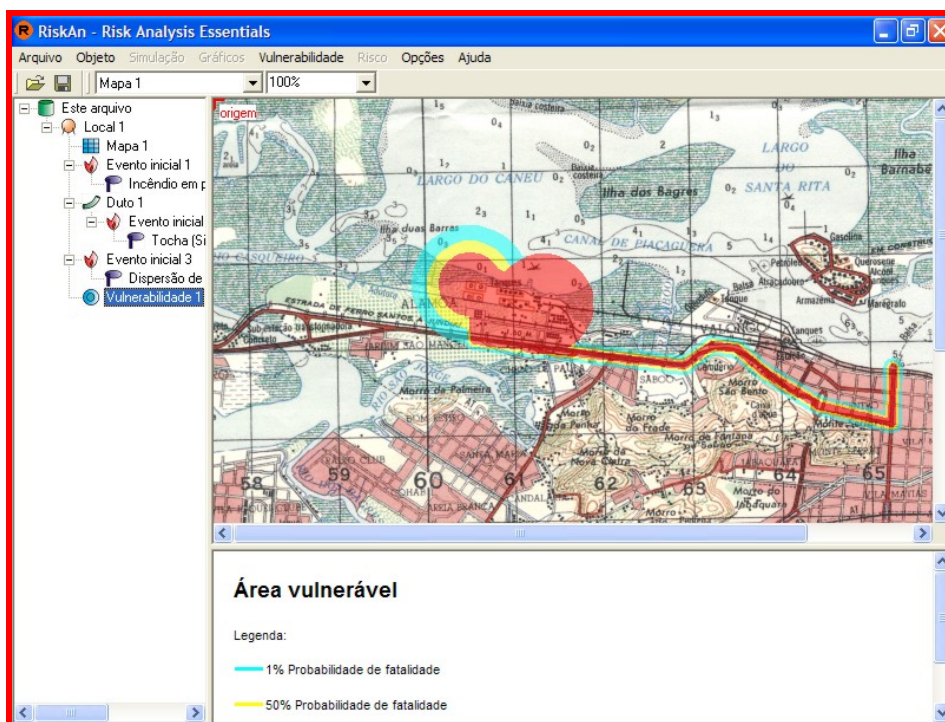
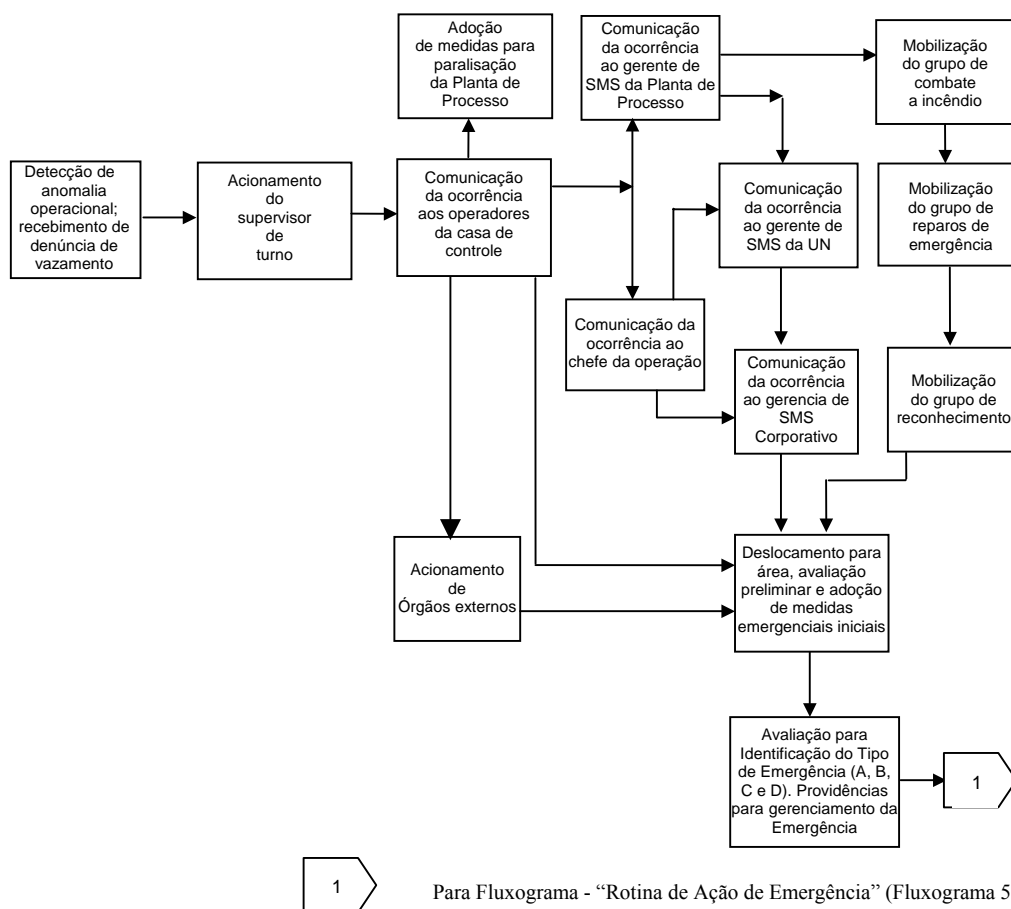



**Figura 6 -** Área vulnerável a acidentes ao longo de uma faixa de dutos.
Fonte: Cortesia SERENO SISTEMAS Ltda (2004).

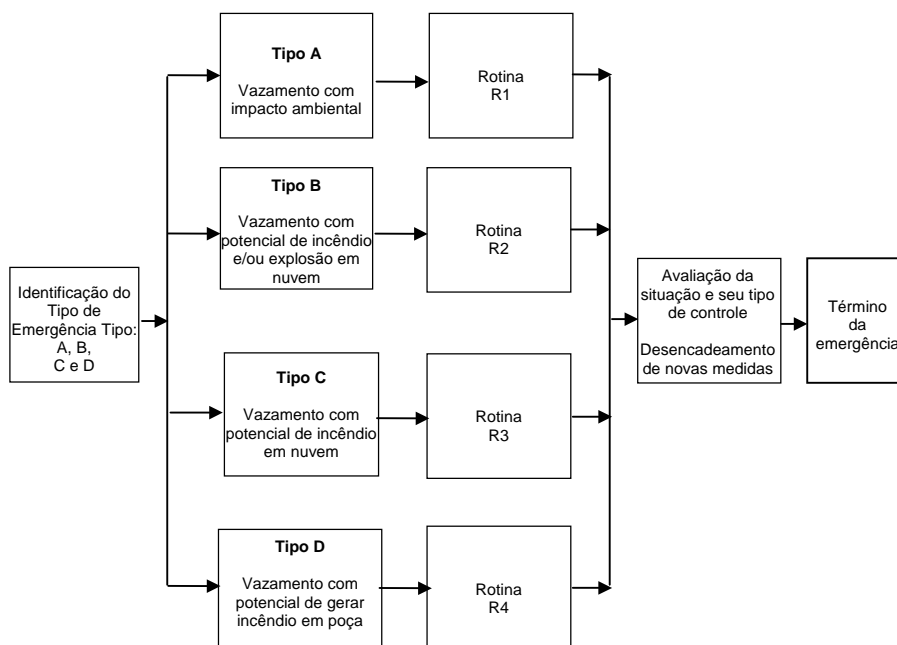
## Capítulo 8 - Rotinas de ação de emergência

Nesse capítulo são descritas as atribuições gerais da Corporação e dos Órgãos do Poder Público, acopladas com fluxogramas de acionamento e desencadeamento de ações dentro e fora do horário administrativo, centrais de comando e disponibilidade dos recursos (humanos e materiais), conforme exemplo mostrado no Fluxograma 4.

**Fluxograma 4** - Exemplo de fluxograma de acionamento e desencadeamento de ações fora de horário administrativo.
Fonte: Esteves e Melo (2003).

Neste item são previstas ações adequadas para o controle das emergências, de acordo com a natureza do risco e da extensão do dano, incluindo alguns exemplos dos aspectos adiante, alocando-se, quando necessário, recursos da estrutura operacional corporativa para o atendimento de emergências em consonância com as práticas da UN.

- Tipo de ocupação, número de operadores e da população da área, tempo de permanência e vulnerabilidade dos mesmos;
- Possibilidade das pessoas escaparem do risco (procurar abrigo ou serem evacuadas);
- Tempo de advertência disponível para tomada de decisão e redução das pessoas expostas;
- *Layout* da instalação e materiais empregados em sua construção (ventilação, etc);
- Sistema interno de comunicação e aviso de emergência;
- Procedimento para aviso de emergência a autoridades e público externo.

Da mesma forma, são desenvolvidos fluxogramas de rotinas de ação de emergência, conforme exemplo ilustrativo mostrado no Fluxograma 5, para cada um dos tipos e

emergência, associando a cada uma delas um tipo específico de rotina, “cruzando” as rotinas com o mapeamento das vulnerabilidades e conforme exemplos apresentados nos Quadros 16 e 17 montados com base nos parâmetros definidos nos Quadros 14 e 15.

**Fluxograma 5** - Exemplo de fluxograma de rotina de ação de emergência
Fonte: Esteves e Melo (2003)

O Quadro 16 apresenta exemplos dos valores obtidos conforme acima descritos, para vazamentos em áreas com potencial para gerar explosão em nuvem (Emergência Tipo B), em que as distâncias estimadas foram obtidas por meio de simulações matemáticas correspondentes ao deslocamento da nuvem dentro da faixa do Limite Inferior de Inflamabilidade - LII do gás.

| ZONA | NÍVEL | DISTÂNCIA ESTIMADA (m) | SOBR-PRESSÃO OU IMPULSO (kPa) | DANOS ESPERADOS | PROCEDIMENTOS DE EMERGÊNCIA |
|---|---|---|---|---|---|
| $\beta$ | 1 | 90 | 103,4 | Probabilidade de 1% de morte por hemorragia pulmonar | • Isolar a área<br>• Evacuar pessoas<br>• Desligar energia e fontes de ignição<br>• Parar o bombeamento e bloquear válvulas |
| $\beta$ | 2 | 150 | 13,1 | Probabilidade de 1% de ruptura de tímpanos | • Desligar energia e fontes de ignição<br>• Monitorar limites de inflamabilidade<br>• Isolar a área<br>• Evacuar pessoas |
| $\beta$ | 3 | 258 | 8,3 | Probabilidade de 1% de danos estruturais | • Monitorar limites de inflamabilidade<br>• Isolar a área<br>• Evacuar pessoal<br>• Desligar energia e fontes de ignição |
| $\alpha$ | 4 | 378 | 2,1 | Probabilidade de 1% de quebra de vidros | • Desligar energia e fontes de ignição<br>• Isolar a área |

**Quadro 16** - Rotina R2: vazamento em áreas internas ou externas com potencial de gerar explosão em nuvem - Emergência Tipo B.
Fonte: Esteves e Melo (2003)

O Quadro 17 apresenta exemplos dos valores obtidos conforme acima dimensionados, para vazamentos em áreas com potencial para gerar incêndio em nuvem (Emergência Tipo C), em que as distâncias estimadas foram obtidas por meio de simulações matemáticas.

| ZONA | NÍVEL | DISTÂNCIA ESTIMADA (m) | RADIAÇÃO TÉRMICA ($Kw/m^2$) | DANO ESPERADO | PROCEDIMENTO DE EMERGÊNCIA |
|---|---|---|---|---|---|
| $\beta$ | 1 | 52 | 13,4 | Probabilidade de 1% de morte por queimaduras após 30 segundos de exposição | • Parar o bombeamento e bloquear válvulas<br>• Eliminar fontes de ignição<br>• Evacuar pessoal<br>• Desencadear ações para a contenção e remoção do produto vazado (líquido)<br>• Interceptar vazamento<br>• Desviar e parar tráfego |
| $\beta$ | 2 | 38 | 5,4 | Probabilidade de 50% de ferimentos por queimaduras após 30 segundos de exposição. | • Desligar energia e fontes de ignição<br>• Isolar a área<br>• Evacuar pessoas<br>• Monitorar limites de inflamabilidade<br>• Desviar o tráfego |
| $\alpha$ | 3 | 65 | 3,0 | Probabilidade de 1% de ferimentos por queimaduras após 30 segundos de exposição | • Monitorar limites de inflamabilidade<br>• Isolar a área<br>• Evacuar pessoas<br>• Desligar energia e fontes de ignição<br>• Desviar o tráfego |

**Quadro 17 -** Rotina R3: vazamento em áreas internas ou externas com potencial de gerar incêndio em nuvem - Emergência Tipo C.
Fonte: Esteves e Melo (2003).

Capítulo 9 - Recursos requeridos

Este capítulo descreve os tipos de recursos humanos e materiais necessários para operacionalizar o Plano contemplando equipamentos de proteção individual, sistemas de comunicação, sinalização, etc. como, por exemplo:

- Recursos Humanos - (nome, cargo, função, área de lotação, telefone interno e residencial);
- Recursos Humanos - outras áreas da Corporação (idem);
- Recursos Humanos - outras instituições (instituição, município, pessoas de contato);
- Recursos Materiais - equipamentos e procedimentos para proteção de áreas costeiras e internas que possam ser atingidas por derrames.

### 2.8.10 **Investigação de acidentes relacionados com o processo (*Investigation of Process-Related Incidents*)**

De acordo com o preconizado pela API RP 750, acidentes que resultem ou possam ter causado vazamentos catastróficos de energia e/ou matéria, necessitam ser investigados tão logo seja possível, em questão de dias. As investigações levam em conta a natureza do acidente, os fatores que contribuíram e as recomendações originadas como resultado da investigação. O objetivo fundamental da investigação é se aprender com as lições obtidas com acidentes, divulgá-los corporativamente de forma responsável para se evitá-los no futuro, levando-se em conta a determinação de suas causas básicas.

É altamente recomendável que a investigação seja conduzida por técnicos com sólidos conhecimentos e saberes sobre os processos da instalação, sobre os aspectos de segurança envolvidos, onde as técnicas de Análise de Riscos podem se tornar em importantes ferramentas para resgatar da maneira mais fiel possível causas mais prováveis que redundaram no acidente.

Recomenda-se que haja também aporte de recursos computacionais sob forma de aplicativos que permitam simular e quantificar os efeitos físicos acarretados por transporte de massa e/ou energia sob forma d radiações térmicas, sobrepressões e concentrações tóxicas letais bem como as vulnerabilidades dos recursos que se interponham à propagação de tais efeitos.

Na mesma corrente de pensamento de Duarte (2002), por exemplo, Dekker (2002) lança luz sobre o tema, citando detalhadamente os passos necessários para uma boa

investigação, com casos reais de aplicação. Trata-se de um resumo da técnica, uma vez que informações mais completas podem ser encontradas no livro que o autor publicou sobre o tema recentemente. O autor propõe um novo método de investigação que tem como base de conteúdo a reconstrução dos fatos através da retrospectiva (*hindsight*) do comportamento dos trabalhadores envolvidos, antes do acidente acontecer. Segundo ele, em erros humanos hoje em dia, existem, basicamente, duas vertentes sobre o que é o erro humano e sua contribuição para os acidentes.

Uma recentemente rotulada como "velha percepção", conforme American Medical Association (AMA) (1998 apud DEKKER, 2002) que entende o erro humano como causa da falha. Nessa "velha percepção" tem-se que:

- O erro humano é a causa dos acidentes;
- Sistemas tecnológicos, com os quais as pessoas trabalham, são fabricados para serem basicamente seguros; seu sucesso é intrínseco. A principal ameaça à segurança provem da não confiabilidade intrínseca do ser humano;
- O progresso na segurança pode ser obtido protegendo esses sistemas da não confiabilidade humana, através da seleção, estabelecimento de procedimentos, automação, treinamento, e disciplina.

A outra, tida como a "nova percepção", que enxerga o erro humano não como uma causa, mas como um sintoma da falha, conforme AMA (1998); Hoffman e Woods (2000); Ramussen e Batstone (1989); Reason (2000); Woods, Johannesen, Cook e Sarter (1994) (apud DEKKER, 2002). Nessa "nova percepção" do erro humano, tem-se:

- O erro humano é um sintoma de problemas mais profundos que existem no sistema;
- Segurança não é inerente aos sistemas. Eles próprios são contradições entre metas múltiplas que as pessoas precisam sobrepujar simultaneamente. As pessoas é que criam a cultura pela segurança;
- O erro humano está sistematicamente ligado às ferramentas que as pessoas usam, tarefas e ambiente operacional. O progresso na segurança advém do entendimento e da influência dessas ligações.

O foco do problema colocado por Dekker (2002), é "como a contribuição humana para os acidentes pode ser reconstituída?" Segundo o autor, investigadores de acidentes podem facilmente assumir a posição de retrospectiva de um indivíduo que está de fora, olhando em perspectiva na sequência dos eventos que parecem levar a um inevitável desfecho,

questionando onde as pessoas erraram. Mas, isso não explica muita coisa, e pode não ajudar a prevenir outras recorrências.

Como método e resultados, o artigo de Dekker (2002) examina como investigadores podem reconstituir os papéis das pessoas que contribuíram para os acidentes, a luz do que recentemente vem sendo conhecido como a nova visão do que é erro humano. Essa percepção tem como proposta trazer atos e suposições controvertidas das pessoas de volta ao seio dos acontecimentos dos quais tomaram parte, e tentar descobrir porque tais atos e suposições fizeram sentido para as pessoas no contexto do acidente.

O autor aborda também os impactos que isso traz na indústria, numa era na qual grande parte dos acidentes é creditada ao erro humano. Na sua visão, é crítico se compreender por que as pessoas fizeram o que fizeram na hora do acidente, ao invés de julgá-las por não fazerem o que depois vem a se apurar que elas deveriam ter feito. Nesse contexto, essa abordagem ajuda os investigadores evitarem cair em "armadilhas" que a retrospectiva pode trazer, apresentando um método com o qual podem ver como os atos das pessoas e suas suposições possam realmente fazer sentido.

Ainda de acordo com o API, conforme as circunstâncias, é preciso considerar a necessidade de haver formalização para que a equipe que apura o acidente tenha "privilégios com acesso irrestrito" à documentação gerada durante o curso da investigação, depoimentos tomados, ou que seja concedido privilégio investido pela alta gerência no sentido de que a comissão possa agir com total independência durante a apuração.

#### 2.8.10.1 Investigação

A investigação remete aos seguintes aspectos:

- Natureza do acidente;
- Fatores que contribuíram para o acidente;
- Recomendação de modificações identificadas como resultado da investigação.

#### 2.8.10.2 Acompanhamento

O API recomenda que:

- Os resultados da investigação sejam disponibilizados na Planta para possível utilização quando da atualização das ARP's;
- A gerência estabeleça planos de ação para determinar e documentar o acompanhamento da evolução da implementação das ações corretivas recomendadas de modo a assegurar que as ações negociadas sejam de fato implementadas;
- As conclusões resultantes da investigação sejam difundidas em Plantas semelhantes dentro da corporação, e, em alguns casos quando recomendável, os resultados sejam compartilhados com demais atores do segmento industrial.

#### 2.8.10.3 Aspectos de gestão do conhecimento

Segundo Duarte (2002), os acidentes que podem agregar valor no aprendizado significativo, são, via de regra, os de maior porte, ou seja, os mais catastróficos, e, por conseguinte, os mais traumáticos para o ambiente de trabalho. Do ponto de vista da complexidade, os acidentes podem envolver:

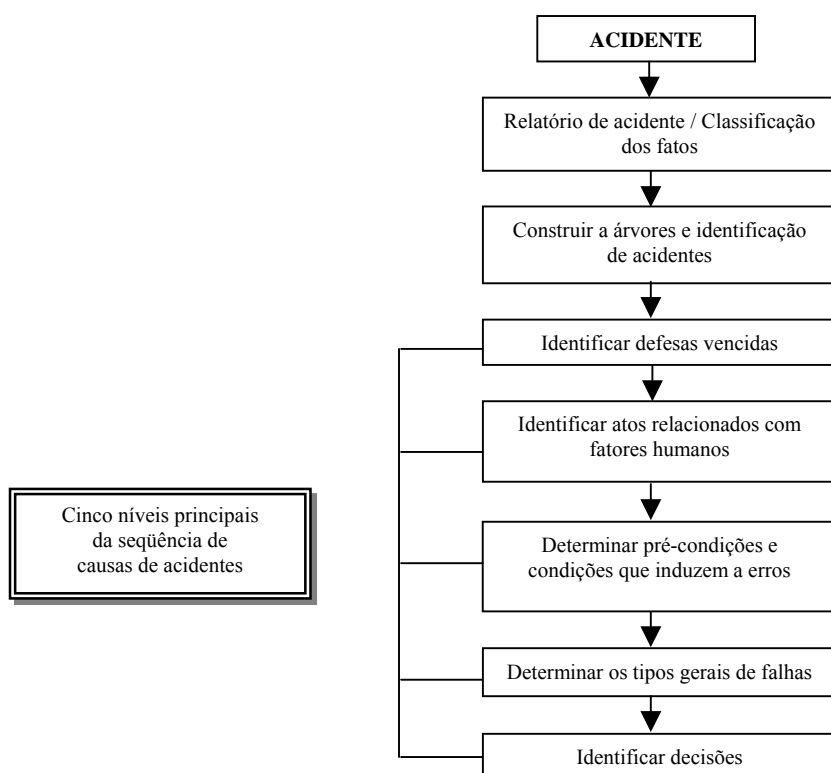
- Vítimas fatais entre os empregados;
- Vítimas, fatais ou não, entre os membros da comunidade local;
- Danos ambientais de grande extensão;
- Acidentes, com danos ambientais e ecossistemas sensíveis ou raros.

Ainda conforme Duarte (2002) a presença desses elementos determina alguns complicadores: comprometimento do valor dos depoimentos e interferência na investigação que busca estabelecer responsabilidades imediatas. Para ajudar aa superá-los, sugere algumas diretrizes básicas para investigações em contextos sensíveis, tornado-as objetivas e proveitosas, a saber:

- Haver firme determinação em ampliar as investigações internas, objetivando neutralizar as causas que contribuíram para a ocorrência do acidente;
- Que a investigação seja conduzida de forma organizada e responsável, de modo a evitar julgamentos precipitados e preconceituosos, ou que tornem tendenciosas as conclusões. Nesse mister, cabe ressaltar que em casos de repercussão pública, as hipóteses que são

divulgadas na mídia podem assumir contornos de atribuição de responsabilidades, independentemente de sua veracidade;

Duarte (2002) cita também metodologia para investigação de acidentes desenvolvida na década de 90 pelas Universidades de Leiden na Holanda, e de Manchester na Inglaterra, que teve origem em pesquisas sobre os fatores humanos envolvidos em acidentes, que evoluiu para uma teoria mais ampla sobre os mecanismos sobre como eles ocorrem e suas causas diretas e indiretas. Segundo tal conceito, um acidente é o ato final de história iniciada em local e data anteriores, influenciada por fatores externos pré-condicionantes, gerados em setores administrativos e auxiliares da alta administração, gerência, supervisão, planejamento, projeto e compras, dentre outros fatores, estando também as causas relacionadas com a confiabilidade humana.

No Fluxograma 6 é apresentada a seqüência sugerida por Duarte (2002) a ser adotada em análises de acidente que orienta, também, sua investigação, de modo a se extrair o máximo de resultados e lições para aprendizado futuro.

**Fluxograma 6** - Seqüência de análise de acidentes.
Fonte: Duarte (2002). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

### 2.8.11 **Auditoria do sistema de GRP (*Audit of Process Hazards Management Systems*)**

- Consoante com o API RP 750, é recomendado que os dez elementos anteriores do sistema GRP sejam periodicamente auditados, visando verificar a conformidade e efetividade deste processo e assegurar seu efetivo desempenho. Para isso, forma-se uma equipe de um ou mais auditores que tenham conhecimento do processo das Plantas envolvidas e outras especialidades, onde se fizer necessário. A periodicidade é sugerida pelo API como sendo de 3 a 5 anos

#### 2.8.11.1 Relatórios de auditoria

Os resultados encontrados nas auditorias são encaminhados por meio de relatórios ao gerente da instalação de produção. Ela abrange os dez elementos de gestão do GRP, e a gerência da instalação auditada institui um sistema de acompanhamento gerencial com a definição dos responsáveis pela implementação das recomendações e ações corretivas explicitadas no relatório, estabelecendo um processo formal de prestação de contas, de modo a assegurar soluções satisfatórias para ações requeridas.

O API recomenda que o relatório seja mantido na Plana pelo menos até ao final da auditoria seguinte.

#### 2.8.11.2 Aspectos de gestão do conhecimento

Conforme Ozog e Stickles (1993), o último item em qualquer sistema de GRP consiste das auditorias para avaliar sua efetividade. Não é raro se encontrar quantidades limitadas de auditorias, particularmente, na investigação de acidentes. Apesar de a API RP 750 requerer apenas uma periodicidade de 3 a 5 anos, é necessário que um programa de auditorias internas tenha consecução garantida a fim de assegurar que o GRP seja realmente eficaz. Recomenda-se que se incluam empregados de outras áreas para atuarem fora de sua área específica de

trabalho, e que a auditoria seja então efetuada de 3 a 5 anos. A OSHA propõe uma periodicidade menor, requerendo uma auditagem de consenso a cada 3 anos.

A periodicidade da auditoria pode ser estabelecida, no entanto, pela própria Planta, considerando fatores, como por exemplo, complexidade do processo da instalação, riscos dos produtos perigosos processados, quantidade de acidentes ocorridos no passados e experiência anterior com o processo.

### 2.8.12 Aspectos conclusivos

O API RP 750 define requisitos básicos para um sistema gerenciamento de riscos de processo. Esse sistema contém mais elementos do que o programa proposto pela OSHA e permite que qualquer instalação de porte, que siga o programa do API, fique além do requerido por essa última, tornando-se, dessa forma, igualmente efetivo. Conforme visto no item 2.6 acima, a norma proposta pela OSHA - 29 CFR OSHA 1910.119, inclui apenas um tópico que não está previsto na API, ou seja, a notificação e o treinamento de empreiteiras.

Por outro lado, a norma da OSHA tem aplicação mais ampla, e não está limitada somente ao processamento de hidrocarbonetos. Também existem diferenças nos intervalos requeridos para se implementar certos tópicos conforme está resumido adiante no Quadro 18, conforme avaliação de Ozog e Stickles (1993).

| Item | API RP 750 | OSHA 1910.119 |
|---|---|---|
| Análise de Riscos de Processo | 3 a 10 anos | 5 anos |
| Procedimentos de operação | 3 a 5 anos | Conforme a necessidade para assegurar que reflitam práticas operacionais modernas |
| Treinamentos fora da rotina | 2 anos | Anual |
| Auditoria | 3 a 5 anos | 3 anos |

**Quadro 18** - Intervalo necessário para implementar os elementos de gestão do GRP.
Fonte: Ozog e Stickles (1993).

Muitas normas e padrões industriais estabelecem um mínimo de requisitos e prescrições que, freqüentemente, são exercidos pelas empresas, que reconhecem a necessidade de ir mais além no gerenciamento dos riscos e satisfazer, assim, o interesse do

público externo. A publicação AIChE/CCPS fornece alguns dessas diretrizes adicionais. Outras abordagens/técnicas também consideradas. O custo para a implementação pode ser significativo, inicialmente em termos de pessoal e de investimento, mas há por outro lado, benefício potencialmente significativo que pode ser obtido na mitigação dos riscos com investimentos apropriados.

# 3 O GERENCIAMENTO DE RISCOS, A ENGENHARIA DE SEGURANÇA DE SISTEMAS E A GESTÃO DE SISTEMAS

Esse item enfoca a contextualização e a correlação que existe entre gestão de riscos, segurança de sistemas e gerenciamento de sistemas, como uma peça integrada em uma corporação. Trafega pelo âmbito de a corporação ser vista como um sistema que opera e tem vida mediante o mapeamento e a gestão integrada de todas as partes.

Faz uma abordagem de como os riscos podem ameaçar uma empresa, mencionando a problemática de como tratá-los através da mudança de cultura e da necessidade de se ter um sistema estruturado em face desses desafios. Tange na questão dos recursos requeridos, passando por um viés de sua aplicação na área de seguros, sem deixar de abordar a percepção sistêmica e diferenciada de gestão integrando a gestão de sistemas com a de processos.

Finaliza mostrando o paralelo existente entre a indústria de processamento e outros tipos, como por exemplo, a de mineração, finalizando com os aspectos metodológicos da questão.

## 3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Conforme De Cicco e Fantazzini (1994), o prevencionismo, ao longo dos anos e como se verá neste item, vem evoluindo de forma expressiva, englobando progressivamente um número cada vez maior de atividades e fatores. Da simples reparação de lesões pessoais e doenças passou a se preocupar com os danos materiais e com todos os incidentes, que

materializados ou não em acidentes, pudessem de alguma forma caracterizar perdas pessoais, materiais ou ambientais. Buscava-se assim a eliminação de situações geradoras de anormalidades e efeitos indesejados ao trabalho.

Das especialidades da engenharia ditas tradicionais, a Engenharia de Segurança do Trabalho passou a incorporar enfoques de Controle de Danos e Controle Total de Perdas, agregando o aspecto gerencial da questão. Porém, em que pese grande parte dos problemas de segurança de incorporar o aspecto administrativo, ainda assim carecia de um outro fator bastante significativo, que escapava da alçada das formulações até então desenvolvidas - o aspecto da predição dos acidentes.

Conforme De Cicco (1994), com a Engenharia de Segurança de Sistemas procura-se contornar essa lacuna, passando o enfoque de segurança a ser mais fundamentado nos aspectos técnicos da aleatoriedade das falhas das instalações. Sem deixar de lado a ação administrativa de prevenção e controle, as técnicas de Engenharia de Segurança de Sistemas procuram buscar soluções técnicas para problemas técnicos, envolvendo tanto aspectos técnicos como gerenciais. Assim, a Engenharia de Segurança de Sistemas passou a ser considerada como um dos pilares para o processo de gerenciamento de riscos na indústria, no que se refere às metodologias de identificação de perigos, análise e avaliação de riscos.

Segundo Taylor (2000), para fins da Engenharia de Segurança, a tarefa mais importante é identificar problemas que se originam em uma Planta. Em muitos casos, a identificação é suficiente para fornecer a base para modificações e melhorias.

## 3.2 A CORPORAÇÃO COMO UM SISTEMA E SEUS PROCESSOS

Um sistema (grifo nosso) pode ser considerado como um conjunto de elementos inter-relacionados que atuam e interagem entre si e com outros sistemas, de modo a cumprir uma missão num determinado contexto. Pode ser entendido, por conseguinte, como um todo organizado ou complexo, um agrupamento ou combinação de coisas ou partes que forma um todo complexo ou unitário.

Assim funciona, analogamente, uma corporação e mais genericamente todas as suas configurações, desde as mais simples às mais complexas, cujo conjunto de variáveis funcionam interagindo mutuamente de forma dinâmica e satisfazendo certos condicionantes.

Onde quer que o trabalho possa ser segmentado numa organização, a tarefa de integrar efetivamente os vários elementos é predominante. Esta integração, por sua vez, pode ser realizada eficazmente ao se adotar uma abordagem sistêmica para o sistema que é seu domínio.

Do ponto de vista sistêmico, qualquer corporação pode ser considerada como um sistema composto de partes, cada uma com metas próprias. Para alcançar as metas globais, é preciso ter visibilidade de todo o sistema e buscar compreender e medir as inter-relações e integrá-las de modo que capacite a organização a alcançar suas metas da forma mais eficiente possível.

O conceito de sistema na tomada de decisão necessita do uso de uma análise objetiva desse tipo de problema de decisão. A abordagem sistêmica para planejamento pode ser vista como um método logicamente consistente de reduzir grande parte de um problema complexo a um simples *output*, que pode ser usado pela pessoa que toma decisões, juntamente com outras considerações, para chegar à melhor decisão. Portanto, a meta da análise de um sistema é, portanto, a solução dos problemas de tomada de decisão.

Já o conceito de <u>processo</u> (grifo nosso) para uma corporação é entendido como sendo o conjunto de atividades inter-relacionadas ou interativas que transforma insumos (entradas) em produtos (saídas), incluindo processos de trabalho de qualquer natureza conduzidos em instalações e outras áreas e enfeixando o conceito de algo passível de ser <u>p</u>lanejado, <u>d</u>esenvolvido, <u>c</u>ontrolado e ser passível de <u>a</u>uditoria, em consonância com o estabelecido no ciclo PDCA adotado pela Gestão pela Qualidade Total.

## 3.3 O GERENCIAMENTO DE RISCOS E A SEGURANÇA INDUSTRIAL

Conforme Lima (2000) em sua tese de doutorado, a indústria moderna se defronta com uma situação econômica, social, política e tecnológica difícil de se imaginar anos atrás. Esse marco condiciona sua própria atividade a extremos que chegam a colocar em perigo sua própria existência. Em geral, o conjunto de perigos e riscos que ameaçam a empresa industrial pertence a dois grupos claramente distintos.

De uma parte, os que afetam a alta direção e obrigam a definir a estratégia e a tomada de decisões de grande transcendência para a evolução da própria atividade. Nesse contexto, por exemplo, fala-se hoje das estratégias diante da mudança, da procura da excelência, da

necessidade de flexibilidade dentro da empresa, da dinâmica permanente, da descentralização, da constante inovação ou da cultura empresarial. Todos são conceitos que vão se acumulando *a posteriori* para explicar por que algumas empresas triunfam sobre outras que retrocedem diante de ambientes agressivos, complexos e permanentemente em mutação (LIMA, 2000).

Ainda conforme Lima (2000), junto a esse acúmulo de riscos puramente empresariais (chamados riscos especulativos), encontram-se outros, de cuja ocorrência só pode resultar perda econômica para a empresa (riscos puros). Estes últimos, comumente chamados acidentes ou sinistros, têm relação direta com as forças da natureza, fenômenos físicos, químicos ou energéticos de outro tipo, e produzem uma diminuição nos ativos material, humano ou imaterial da empresa. Tais riscos, contra os quais a empresa se defendia de forma clássica, com coberturas financeiras proporcionadas pelas companhias de seguros, cresceram de maneira dramática nos últimos anos, em consonância com o desdobramento dos ambientes econômico, social e tecnológico, anteriormente aludidos.

### 3.3.1 **Problemática dos riscos numa corporação industrial**

Os ativos fixos de uma empresa são formados, cada vez mais, por instalações muito sofisticadas, computadores eletrônicos, robôs, processos novíssimos, utilização maciça de energia, em suma, instalações completas, porém dispendiosas, mais concentradas em valor e de maior importe global em seu custo.

Esses bens estão submetidos a riscos clássicos de incêndio, explosão física ou química, forças da natureza, como inundação, terremoto ou vendaval, atos político-sociais (sabotagem, vandalismo, grevistas, terrorismo) e também a riscos de caráter tecnológico que começam a ser conhecidos (danos em equipamentos eletrônicos, ruptura de equipamentos e mecanismos complexos, avarias internas, etc.).

Em geral, os riscos resultantes desses acidentes podem ocasionar a interrupção da atividade e a perda de muitas horas produtivas.

Mesmo assim, a empresa dispõe de um “equipamento humano”, que é seu mais importante ativo. Os riscos puros a que está submetido o homem em uma empresa são variados: acidente de trabalho, enfermidade comum, doença profissional, acidente doméstico ou de transporte, perda do homem-chave, acúmulo de viagens coletivas e riscos de higiene industrial, fundamentalmente.

Segundo Lima (2000), a corporação, com ambos os ativos, se dedica à obtenção de um ou mais produtos, objetivos básicos por ser provedora de um serviço à comunidade. O produto também pode causar danos ou prejuízos ao consumidor ou usuário, que poderia reclamar à empresa, exigindo indenizações vultuosas. O produto também é suscetível a sofrer danos, o que originaria uma perda econômica durante seu transporte, armazenamento ou distribuição. Hoje há, em torno do produto, toda uma filosofia que engloba, por um lado, a estratégia empresarial *Product Management* e, por outro, as peculiaridades de seus riscos inerentes, o *Product Safety and Risk Management*.

Analogamente, os subprodutos ou desperdícios que a empresa necessita eliminar, dão lugar ao fenômeno de contaminação, de grande relevância atual, porquanto a empresa se encontra numa sociedade consciente, com uma legislação cada vez mais exigente e algumas associações populares que demandam insistentemente a manutenção de um ambiente natural limpo. Por exemplo, o risco da contaminação, relativamente recente, é, possivelmente, hoje, o maior desafio para muitas empresas nos esforços que empreende para gerenciar seus riscos. Qualquer dano desse tipo pode originar uma paralisação na empresa o que, por sua vez, causa uma importante perda econômica. O lucro cessante pode significar muito mais para a empresa que o próprio dano físico direto.

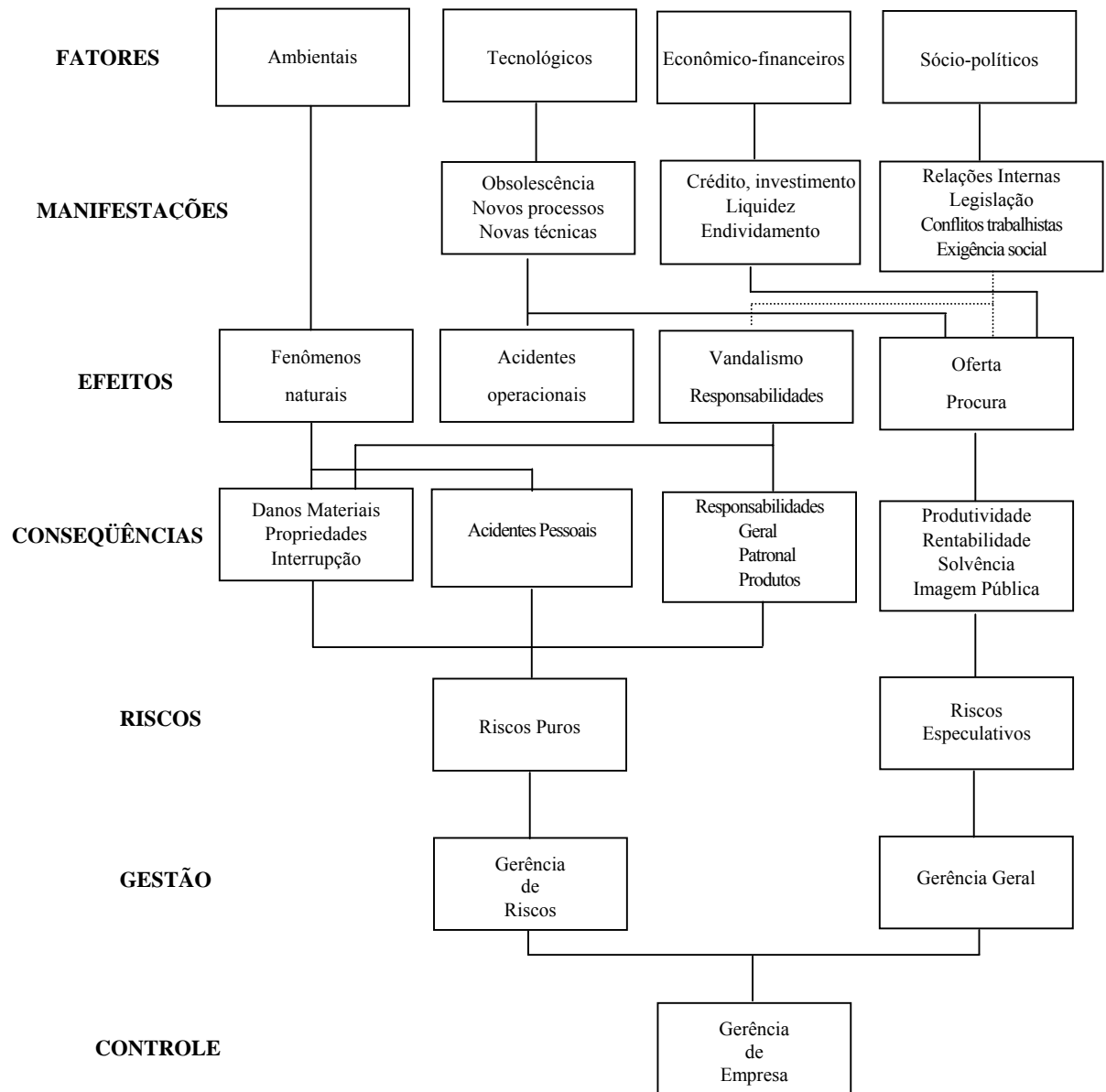
Conforme Lima (2000), por outro lado, o ativo intangível da empresa é formado sobre seu nome, sua imagem, experiência e o conjunto desse "halo histórico" que permite que um produto seja aceito pelo usuário porque oferece garantia de seriedade por parte do fabricante. Esse ativo pode ficar seriamente prejudicado como conseqüência de reclamações judiciais, por parte dos próprios trabalhadores em acidentes de laboratório onde houve negligência da empresa (falta de medidas de segurança), por reclamações de terceiros prejudicados por qualquer atividade da empresa em seu próprio desenvolvimento, ou pelos próprios clientes ao consumir ou usar produtos, como já anteriormente mencionado.

Em paralelo à indenização financeira que possa ser exigida por um tribunal, há que acrescentar a perda de imagem e de ativo imaterial de conseqüências importantes para o desenvolvimento da própria atividade empresarial.

Concomitantemente, aos riscos aqui focalizados, todos nitidamente passíveis de serem enquadrados no âmbito dos riscos puros, existem outros de caráter especulativo, relacionados com a chamada "estratégia empresarial" mas que, em grande parte, participam de uma problemática comum: os ambientes mutáveis, complexos e agressivos. São os riscos derivados de novas tecnologias, das mudanças sociais, das mudanças legislativas, das

flutuações econômicas, das novas legislações, da nova competência, da obsolescência de produtos, equipamentos, etc.

Em muitas ocasiões esses riscos podem ser tratados de forma semelhante à dos riscos puros pelo que, com freqüência, o mundo segurador se vê envolvido, queira ou não, em problemas de gestão empresarial. A fronteira entre uns e outros se faz cada vez menos nítida, e ambos os campos se alimentam das experiências, êxitos e fracassos do outro, conforme apresentado no Fluxograma 7.

Particularmente, o tratamento racional que a corporação dá ou procura dar aos denominados “riscos puros” implica, em primeiro lugar, na análise, estudo e classificação com inventário, dos riscos potencialmente existentes na empresa; passa pela medição da intensidade e freqüência das possíveis ocorrências de perdas, assim como da repercussão econômica para a empresa, e termina com a tomada de decisões compreendendo a dimensão clássica de gerência de riscos: redução do risco, redução da possível intensidade e freqüência de sua ocorrência (através de medidas de prevenção, proteção ou manutenção; em conjunto, de segurança) e financiamento, em definitivo, dos riscos da empresa.

**Fluxograma 7** - A empresa industrial e seus riscos
Fonte: Adaptado de Lima (2000).

### 3.3.2 **Gerenciamento de riscos**

Num sistema de trabalho, em seu estado ideal, os fatores técnicos, organizacionais e humanos precisam estar em harmonia.

Quando ocorre um acidente, por exemplo, há uma perturbação dessa harmonia, logo é natural se concluir que seja fundamental que no planejamento e no projeto de um sistema de

trabalho, sejam eliminadas ou pelo menos restringidas as condições de risco, aumentando-se assim a segurança do trabalhador.

Gerenciamento de Riscos pode, portanto, ser entendido como uma área de conhecimento que envolve conceitos, técnicas e subsídios que fornecem à corporação um poderoso instrumento de diferencial competitivo, e pode ser definida como a ciência, a arte e a função que visa à proteção dos recursos humanos, materiais e financeiros de uma empresa, no que se refere à eliminação, redução ou ainda financiamento dos riscos, caso seja economicamente viável.

Essa preocupação passou a ser cada vez mais enfatizada nos EUA e alguns países da Europa, logo após a Segunda Guerra Mundial, quando começou a se estudar a possibilidade de redução de prêmios de seguros e a necessidade de proteção da empresa ante aos riscos de acidentes.

Em realidade, ao se falar na consciência do risco e convivência com ele, observa-se que a gerência de riscos é tão antiga quanto o próprio homem que desde os seus primórdios, sempre esteve envolvido com riscos e decisões quanto ao mesmo. O que ocorreu desde aquela época até o surgimento da gerência de riscos, é que foi aglutinado o que já se vinha fazendo de forma independente em diversas áreas, em um conjunto de conceitos teóricos, lógicos e objetivos, dando-lhes o nome de *Risk Management*.

Tomando como base, por exemplo, o que é sustentado pelo *Oil Industry Safety Directorate* (OISD) da Índia conforme consulta nos *sites* disponíveis em: <http;//www.New Page 1> e <http://www.oisd.org/petrosafe-April2002/safe management1.htm>, acesso em: 15/12/2003, o manuseio de grandes quantidades de hidrocarbonetos e de derivados são operações altamente perigosas devido à natureza instrínseca desses produtos pois são altamente inflamáveis e voláteis e alguns são armazenados sob pressão.

Quando há perda de contenção dos equipamentos que os processa ou manuseia, isso pode resultar em incêndios, explosões ou BLEVE's causando danos às instalações operacionais, equipamentos e propriedades/público externo que estejam localizados em regiões limítrofes.

A esses produtos vem cada vez mais vem se somando o uso de outros combustíveis não-fósseis como, por exemplo, o hidrogênio como fonte energética de alta qualidade com menores impactos ao meio ambiente, também chamados de "combustíveis verdes".

Todavia, o uso cada vez mais freqüente de pressões e temperaturas elevadas, inerentes ao processamento desses produtos, acarreta, em contrapartida, num substancial incremento dos riscos dessas instalações.

A experiência de décadas que a indústria de processamentos químico, petroquímico e de petróleo através de seu conhecimento tácito vem vivenciando nesses últimos cinco anos ao adquirir tecnologias mais recentes, sobretudo em contratos do tipo *turnkey*[62] e *lump sum*[63], tem mostrado outros aspectos que até então não vinham sendo considerados, passaram a existir. Dentre outros, podem ser citados:

- Folgas mínimas nos limites de temperatura e pressão, em relação a normas construtivas – ASTM, ASME, DIN, AFNOR, JIS, ABNT, API, etc.;
- Folgas mínimas nos espaçamentos entre os equipamentos e unidades dentro das instalações operacionais;
- Proximidades cada vez mais reduzidas entre unidades com processos diferenciados como, por exemplo, armazenagem pressurizada de GLP próximas a fornos e fornalhas, equipamentos de processo de inflamáveis;
- Folgas mínimas entre os pontos de ajuste (*set points*) de proteção de equipamentos de processo e os valores máximos de trabalho admissíveis para os parâmetros considerados e os referidos equipamentos, por exemplo, pontos de ajuste de PSV's[64] pressão máxima de trabalho admissível de vasos de pressão;
- Introdução de novos riscos pelo desenvolvimento de novas tecnologias, notadamente de automação industrial conforme ilustrado no Quadro 19.

O Quadro 19 reflete uma situação real que está se constatando, na prática, na indústria de processamento. Com o desenvolvimento de novas tecnologias, notadamente na automação industrial, novos riscos foram surgindo em relação àqueles apresentados pelas tecnologias anteriormente empregadas (p. ex., instrumentação pneumática, painéis de comando eletromecânicos, etc.), como ilustrado a seguir.

[62] Empreitada com "entrega das chaves".
[63] Preço global.
[64] Válvulas de segurança.

| ASPECTO | RISCOS RELATIVOS ENTRE TECNOLOGIAS | |
|---|---|---|
| | **Instrumentação pneumática / painéis a relés** | **Sistemas micro-processados (ex.: CLP's)** |
| Complexidade | • Sistemas muito simples, de fácil compreensão e fácil de ser testado. | • Exige muita capacitação técnica para sua operação;<br>• Apresenta dificuldade de visualização da lógica de inter-travamento;<br>• Favorece deficiências nos testes com conseqüente permanência de falhas na lógica. |
| Introdução de erros durante manutenções ou alterações na lógica | • Possibilidade remota, em decorrência da necessidade de alteração física, o que desestimula mudanças;<br>• Erros de interligação de malhas diferentes também são pouco prováveis, em função da separação física entre os componentes. | • Prováveis de ocorrer, devido à grande facilidade de se alterar os programas aplicativos;<br>• Grande risco de ocorrência de inter-travamentos absurdos (envolvendo instrumentos e/ou unidades distanciados fisicamente), pelo simples erro de digitação de endereços. |
| Identificação de erros de concepção | • Facilmente detectados e corrigidos com o emprego de técnicas de identificação de perigos tradicionais (ex.: HAZOP) | • O HAZOP tradicional só analisa os sistemas físicos de processo, não "enxergando" a parte virtual dos sistemas de automação (programas aplicativos). |
| Modos de falhas | • São normalmente concebidos no projeto para serem seguros na falha (ex.: sistemas pneumáticos operam normalmente pressurizados e sistemas elétricos operam normalmente energizados). | • O emprego de dispositivos semicondutores cria modos de falhas não-seguros, o que tornou necessário o desenvolvimento de equipamentos com elevado grau de confiabilidade e de configurações redundantes. |

**Quadro 19** - Comparação dos riscos entre tecnologias.

Com o passar dos anos, os problemas foram se evidenciando, inclusive durante a análise de acidentes.

Todos os aspectos apresentados acima remetem à necessidade de as corporações disporem de sistemas robustos de gerenciamento de riscos ao invés de programas pura e simplesmente de eliminação e prevenção de eventos indesejáveis.

Essa necessidade é evidenciada porque até o início dos anos 90, a segurança era gerenciada primordialmente através da tecnologia, melhoria no projeto e nas práticas operacionais e obrigações normativas. O conceito da abordagem sistêmica passou a existir, como visto no item 2.3 - Da gênese dos referenciais sobre sistemas de gerenciamento de riscos, a partir de 1990, na Europa e nos Estados Unidos.

O AIChE (1992), por exemplo, estabelece uma sistemática tal que a análise de risco considera três elementos: riscos (causas geradoras), sujeitos (sobre quem os riscos podem incidir) e os efeitos (dos riscos sobre os sujeitos). O gerenciamento de riscos se efetiva, então, através da inter-relação de todos esses elementos com os diversos focos: humano, social, político, legal, econômico, empresarial e técnico.

Por outro lado, para que o gerenciamento de riscos seja realmente eficaz, não é suficiente apenas a gerência estar engajada no programa. As noções de qualidade e segurança estão estritamente relacionadas. O gerenciamento de riscos necessita fazer parte da cultura interna da corporação e ser integrado e permeado em todos os níveis como um valor e não como um meio, cabendo ao gerente de riscos o papel de catalizador das atuações da empresa frente aos riscos.

### 3.3.3 **Recursos necessários**

Apesar da gerência de riscos não ser ainda uma prática constante nas organizações brasileiras, acredita-se que o gerenciamento de riscos não onera o balanço final das mesmas, e as despesas por ele incorridas não podem ser comparadas aos benefícios que a empresa terá, tanto no tocante à otimização de custos de seguros como na maior proteção dos recursos humanos, materiais, financeiros e ambientais. Com o gerenciamento de riscos é possível a otimização dos resultados do próprio desenvolvimento tecnológico, a partir da redução dos riscos apresentados pelas atividades surgidas na moderna sociedade.

Destarte, é fundamental que qualquer programa de gerenciamento de riscos de processo tenha o apoio formal da alta administração, até porque substanciais volumes de recursos humanos e materiais são usualmente necessários para sua implementação e manutenção efetivas.

Os custos para implementação de um programa de GRP podem variar consideravelmente de instalação para instalação, conforme mostra a estimativa adiante. As tarefas mais significativas no gerenciamento de riscos de processo, em muitas instalações, são realizar avaliações de riscos, realizar o gerenciamento das modificações feitas na instalação e rever todos os procedimentos de execução. Sua implementação demanda pessoal altamente especializado como, por exemplo, operadores, supervisores de turno e engenheiros que tenham experiência com o processo, os quais não podem, na maioria dos casos, serem substituídos prontamente.

Dependendo da complexidade das instalações, os elementos que compõem o GRP podem requerer significativos recursos humanos e materiais para sua execução. Itens simples podem ter impactos significativos no dispêndio inicial de homem-hora. Conforme Ozog e Stickles (1993), o custo para atualização dos fluxogramas de engenharia, documentação vital

da área de informações de segurança de processo, pode representar mais que o dobro do dispêndio para se avaliar os riscos de processo da instalação. Manter atualizados os fluxogramas e os procedimentos de execução é um dos pré-requisitos para se fazer avaliação dos riscos e o gerenciamento efetivo de modificações que se fazem nas instalações. Daí, ser o custo para a implementação do GRP um possível alvo de questionamento.

Kulinski (1990) reporta que quando da implantação desse processo conforme a API RP 750 na Refinaria Marcus Hook da BRITISH PETROLEUM, houve um dispêndio de cerca de 50.000 homens-hora para iniciá-lo e cerca de 23.000 para mantê-lo. Resultados como esse foram reportados também por Ozog e Stickles (1993), que revelam que a empresa ARTHUR D. LITTLE dispendeu cerca da metade do que foi estimado pela BRITISH PETROLEUM.

Segundo Esteves, Lima e Quelhas (2003), trabalhos recentes de desenvolvimento de Gerenciamento de Riscos de Processo realizados na indústria de petróleo no país em 1997 e 2000 indicam um consumo de homens-hora para desenvolvimento de um protótipo afim, contemplando instalações similares, porém menos complexas que as de refinarias, demandou aproximadamente doze meses com alocação de uma força de trabalho de cerca de quinze pessoas, sendo que quatro delas com dedicação integral ao projeto. O consumo global estimado foi de cerca de 10.000 homens-hora na fase inicial de desenvolvimento do modelo conceitual para implantação.

Conforme visto no item 2.4 - Da vigência dos de sistemas e replicando a linha de pensamento apresentada Kulinski (1990), analogamente, se for considerada uma grande corporação com algumas dezenas de milhares de empregados, em experiência real para implantar um Sistema de Gestão de SMS com GRP num período de quatro anos no início deste novo século, essas cifras podem alcançar os seguintes valores mensais globais estimados, conforme apresentado no Quadro 20. Esses valores remetem a um valor global de cerca de 10 milhões de homens-hora, para um projeto dessa envergadura.

| NÍVEL HIERÁRQUICO | MÉDIA (homem-hora/mês) |
|---|---|
| Diretoria | 1.000 |
| Gerência Geral | 2.000 |
| Chefe de Departamento | 10.000 |
| Chefe de Setor | 9.000 |
| Fiscal de Contrato | 8.000 |
| Supervisão | 103.000 |
| Operação | 82.000 |
| Consultora | 3.000 |
| **Total** | **218.000** |

**Quadro 20** - Dispêndio global de homem-hora de um GRP.

## 3.4 UMA OUTRA VERTENTE DO GERENCIAMENTO DE RISCOS COM SUA APLICAÇÃO EM SEGUROS

Conforme Taylor (2000), a aplicação da gestão de riscos na área de seguros, geralmente, tem se mostrado desalentadora, visto que as seguradoras tendem a tomar como referência experiências anteriores e estatísticas, além da pressão estabelecida por outras empresas na definição dos prêmios dos seguros. A idéia de se calcular níveis de risco e se determinar os prêmios com base nesses referenciais é sem dúvida mais atrativa, mas a menos condizente com a realidade. O desempenho do gerenciamento de riscos, juntamente com a prevenção de perdas, treinamento em segurança e técnicas de gestão de segurança podem ser usadas de modo a se estabelecer uma boa política, e, por conseguinte, se obter bons descontos no pagamento de prêmios. Mas, indubitavelmente, a melhor abordagem para conseguir baixos prêmios de seguros, é ter um bom sistema de apropriação dos registros de segurança.

Sem dúvida que a gestão de riscos vem se tornando cada vez mais uma importante ferramenta gerencial tanto na área industrial como na de seguros, face ao recrudescimento na escalada dos preços dos prêmios dos seguros observados a partir da década de 80, como resposta desse mercado ao aumento de acidentes ocorridos na indústria de processo.

Nessas circunstâncias, Taylor (2000) sustenta que é importante se conhecer:

- Se a planta de processo está segurada;
- Se o auto-seguro compensa;
- Que níveis de seguros e auto-seguros são razoáveis.

E, nesse contexto, para realizar esse cotejo não é necessário se lançar mão de técnicas detalhadas, uma vez que o escopo é geralmente muito amplo, podendo ser usadas análises preliminares de riscos, sem muito aporte de mão-de-obra. Entretanto, para haver resultados mais consistentes quando da negociação dos prêmios, é recomendável haver quantificação dos riscos.

## 3.5 PERCEPÇÃO SISTÊMICA E ESTRUTURADA DO GERENCIAMENTO DE RISCOS, DO PONTO DE VISTA DE GESTÃO DE SISTEMAS E DE PROCESSOS

Durante os últimos 30 anos, o mundo experimentou um significativo progresso na qualidade e expectativa e vida, bem como na segurança dos alimentos e outros produtos de consumo. Muito desse progresso se deu, implícita ou explicitamente, devido ao progresso ocorrido no gerenciamento de riscos em seu sentido mais lato. Omenn et al. (1997), relator da *The Presidential/Congressional Commission on Risk Assessment and Risk Mangagement*, Comissão montada em maio de 1994, constituída por seis membros recomendados pelo Congresso americano, três pelo Presidente Clinton, e um pela *National Academy of Sciences*, além de organizações ambientalistas, da academia, institutos de pesquisa, autoridades do Poder judiciário e da indústria, define tradicionalmente gerenciamento de riscos como sendo:

> O processo de identificação, avaliação, seleção e implementação de ações para reduzir os riscos ao ser humano e aos ecossistemas. As metas do gerenciamento de riscos são ações consistentes, integradas e custo-eficiente para reduzir ou prevenir riscos enquanto leva em consideração aspectos sociais, culturais, éticos, políticos e legais (OMENN et al., 1997, p. 2, tradução nossa).

A própria Comissão reconhece, no entanto, que essa definição vem mudando como tempo, pois vem se mostrando restrita ao processo de atendimento à legislação e a avaliação de alternativas. Nos anos mais recentes, o escopo e as ferramentas para gerenciamento de riscos foram consideravelmente ampliados, para além das fronteiras das ações reguladoras emanada por legislação federal, estadual e municipal e agências reguladoras, por duas razões:

- Gestores do governo vêm considerando cada vez mais freqüentemente ambos os aspectos reguladores e voluntários na gestão dos riscos. Isso é particularmente importante, pois a sociedade vem participando cada vez mais na busca de soluções para o complexo

problema da redução de riscos, especialmente aqueles relacionados com o meio ambiente, diante de orçamentos e recursos limitados;

- Adicionalmente, o gerenciamento de riscos cada vez mais está sendo adotado fora do âmbito governamental, por cidadãos, pelo comércio, indústria, trabalhadores e demais atores da sociedade. Essa descentralização resulta, em parte, do crescente reconhecimento de que a tomada de decisão tem sido melhorada com a participação das partes afetadas pelos riscos (*stakeholders*).

A área ambiental costuma tratar a questão em torno de um único tipo de risco causado por um único produto em um meio singelo (água, ar ou solo) e as conclusões são baseadas quase que exclusivamente na observação da toxicidade de altas doses de um produto perigoso em cobaias de laboratório ou nos locais de trabalho. Embora essa abordagem tenha contribuído significativamente para progresso da redução dos riscos para a saúde, segurança e meio ambiente nessas últimas décadas, ela não é adequada para resolver os complexos problemas que hoje se enfrenta.

Ações criativas, estratégias integradas que remetam a discussão para um contexto ambiental com múltiplas fontes de risco, passaram a se tornar necessárias se há o desejo de fortalecer o desenvolvimento sustentável, problema esses que tem se agravado para todos os países nessas últimas décadas. Para atender a essas novas demandas, Omenn et al. (1997) cita, por exemplo, o desenvolvimento de uma "estrutura sistêmica sob forma de um processo continuado para se gerenciar riscos", conforme ilustrado na Figura 7.

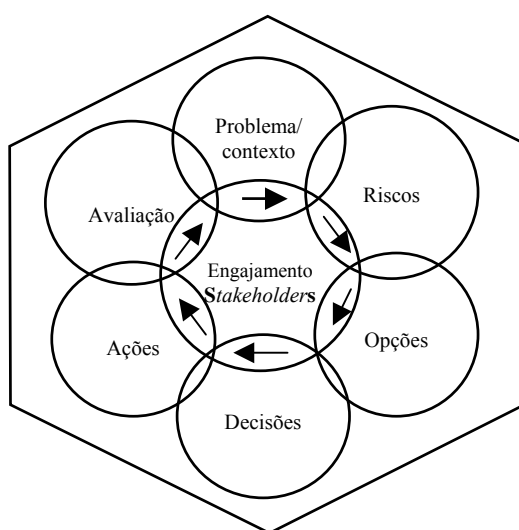



**Figura 7** - Estrutura para processo de gerenciamento de riscos.
Fonte: Omenn et al. (1997). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

Conforme já abordado no item 3.2 - A corporação como um sistema e seus processos, tal estrutura sistêmica é projetada e é preciso ser vista como um desenho que possa para ajudar a todo e qualquer gerente - seja ele da área governamental, privada, área industrial ou financeira, membros individuais de comunidades e cidadãos em geral, objetivando a tomadas de decisão consistentes, conforme princípios de tomada de decisão no gerenciamento de riscos, conforme será visto logo adiante. No Quadro 21 são apresentados seis estágios dessa estrutura, consentâneos com a Figura 7.

| ESTRUTURA SISTÊMICA DE GERENCIAMENTO DE RISCOS |
|---|
| • Definir e contextualizar a situação-problema;<br>• Analisar os riscos associados com a situação-problema contextualizada;<br>• Examinar as opções para balizamento dos riscos;<br>• Tomar decisões acerca de que opções implementar;<br>• Conduzir ações para implementar decisões;<br>• Conduzir avaliação das ações;<br>A Estrutura é conduzida:<br>• Em colaboração com *stakeholders*;<br>• Mediante iterações, se novas informações forem sendo introduzidas no processo de tal forma que necessite re-orientar a natureza do gerenciamento. |

**Quadro 21** - Estrutura sistêmica do gerenciamento de riscos.
Fonte: Omenn et al. (1997). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

Segundo a Comissão de notáveis, essa estrutura é ampla o suficiente para comportar uma grande variedade de situações, seja qual for o processo de tomada de decisões ou o tipo de risco envolvido. O esforço e o aporte de recursos envolvidos dependem da importância do problema, do grau de severidade, do impacto econômico do risco, nível de controvérsia e das limitações de recursos arrolados. Tipicamente, a estrutura é voltada para tomadas de decisão relacionadas com a definição de padrões, atividades industriais envolvendo minimização da ocorrência de acidentes catastróficos, controle de poluição, proteção à saúde e ao meio ambiente. Ela é útil para decisões que envolvam, p. ex., comunidades locais (instalação de incineradores ou remediação de áreas impactadas por resíduos) ou envolvam ações de âmbito nacional (programa de controle de emissões de motores de veículos).

Qualquer que seja o estágio da estrutura sistêmica, ela repousa em três princípios básicos:

- Amplo contexto. Ao invés de se avaliar riscos singelos associados com produtos perigosos e ecossistemas de forma individual, focar a questão sob uma perspectiva holística, contemplando os problemas de forma a inseri-los no contexto de um "mundo real". Ou seja, avaliar diferentes fontes de um dado produto perigoso e sua exposição, considerando também outros produtos que possam causar um tipo de risco em particular ou impor riscos adicionais, avaliando outros riscos similares e a extensão de diferentes exposições e como contribuem para um particular dano à saúde. A meta de considerar problemas no seu real contexto é lançar luz sobre como impactos de ações individuais de gerenciamento de riscos são passíveis de afetar a saúde pública ou o meio ambiente, de modo a ajudar com ações diretas e com o uso recursos onde forem mais efetivos.
- Participação de *stakeholders*. Essa participação é crítica para a sustentabilidade de um sistema de tomada de decisões gerenciais sobre riscos que seja sólido, tenha validação e seja custo-eficiente. Por essa razão, essa estrutura estimula o envolvimento das partes interessadas afetadas pela questão do gerenciamento de riscos, na medida apropriada e viável durante todos os estágios do processo de gerenciamento de riscos[65]
- Iteração. Informações valiosas e novas perspectivas podem surgir durante qualquer estágio do processo de gerenciamento de riscos. A estrutura sistêmica é desenhada de sorte que suas partes possam ser replicadas, proporcionando aos gestores e às partes interessadas a flexibilidade de poder rever estágios iniciais do processo, quando novas descobertas são feitas e novos entrantes necessitam ser contemplados, sobretudo quando lançam luz sobre a concepção dos estágios iniciais, que afetem deliberações e decisões já tomadas.

A concepção de tais princípios é apresentada no Quadro 22.

| **PRINCÍPIOS DE TOMADA DE DECISÕES NO GERENCIAMENTO DE RISCOS** |
|---|
| Um bom processo de tomada de decisões no gerenciamento de riscos é tal que:<br>• Coloca a situação-problema claramente definida num contexto amplo;<br>• Lança o processo de tomada de decisão buscando as visões das partes afetadas pelas decisões, de modo que diferentes avaliações, valores, conhecimentos e percepções sejam considerados;<br>• Baseia-se em análises criteriosas das evidências científicas que suportam as conclusões acerca da problemática dos riscos e seus efeitos;<br>• Examina as diversas opções reguladoras, não-reguladoras e voluntárias para gerenciamento de riscos;<br>• Reduz ou eliminar riscos considerando: |

[65] Não confundir "processo" do ponto de vista sistêmico de "gestão de sistemas", com "processo – processamento de fluidos", objeto maior do presente trabalho e foco de um sistema de gestão.

| |
|---|
| - Estar baseado nas melhores informações científicas, técnicas e econômicas disponíveis;<br>- Levar em conta múltiplos contextos possíveis de fontes, meios, produtos perigosos e riscos;<br>- Ser viável, considerando os aspectos de custos e benefícios;<br>- Dar ênfase e prioridade à prevenção de riscos e não somente seu controle;<br>- Usar opções reguladoras de comando-controle, onde aplicáveis;<br>- Levar em conta aspectos políticos, sociais, legais e culturais;<br>- Incluir inovações decorrentes de novas pesquisas; |
| • Pode ser efetivamente implementado com prontidão, flexibilidade e patrocínio das partes interessadas; |
| • Apresenta evidências visíveis de que tenha impacto significativo ante a mitigação dos riscos considerados; |
| • É concebido de modo a ser modificado quando informações significativas forem disponíveis, evitando "paralisia da análise". |

**Quadro 22** - Princípios de tomada de decisão na gestão de riscos.
Fonte: Omenn et al. (1997). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

Tradicionalmente, gerenciamento de riscos é fundamentado na abordagem comando-controle que via de regra requer padrões a serem atendidos mediante uso de tecnologias específicas. De um modo geral, o gerenciamento é focado em se controlar riscos singelos em condições ambientais únicas, em que muitas falhas podem ser observadas por não incluir partes interessadas na tomada de decisão desde o início do processo e não considerar os riscos num contexto mais amplo. Essa abordagem remete à necessidade de se ter o gerenciamento de riscos encarado de forma sistêmica, com um processo definido cujas vantagens são apresentadas no Quadro 23.

| VANTAGENS DA PERCEPÇÃO SISTÊMICA DO GERENCIAMENTO DE RISCOS |
|---|
| • Provê visão holística e integrada para resolver problemas em um contexto amplo;<br>• Assegura que decisões acerca do uso do gerenciamento e da análise econômica sejam fundamentadas nas melhores evidências científicas e que sejam tomadas contemplando alternativas de gestão;<br>• Enfatiza a importância da colaboração, comunicação e negociação entre as partes interessadas, de forma que valores públicos tenham peso nas estratégias de gestão;<br>• Maior sucesso das decisões gerenciais, pois inclui as partes interessadas desde o início do processo;<br>• Acomoda novas informações críticas que possam surgir em qualquer estágio do processo. |

**Quadro 23** - Vantagens da percepção sistêmica do gerenciamento de riscos.
Fonte: Omenn al. (1997). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

## 3.6 PARALELO ENTRE A INDÚSTRIA PETROQUÍMICA E OUTRAS INDÚSTRIAS

Conforme foi demonstrado nos itens 2.1 - Introdução, 2.2 - Panorama internacional sobre sistemas de gerenciamento de riscos de processo (GRP) e 2.3 - Da gênese dos referenciais sobre sistemas de GRP, e desenvolvido ao longo do presente capítulo, ficou patente que o gerenciamento de riscos de processo não pode se cingir a um mero rol de ações originado da aplicação de listas de verificação, fundamentadas em padrões prescritivos espelhados em técnicas e metodologias de auditoria como, por exemplo, inspeções baseadas em riscos e outras técnicas assemelhadas.

Longe de serem impróprias, mas o cerne da questão é que um rol dessas atividades, normalmente não-conformidades ou desvios dos padrões prescritivos, pelo que acima foi explanado, esvai-se de sustentação pela falta de temporalidade e continuidade, pois retrata apenas um dado momento temporal das Plantas de processo que foram submetidas a auditorias, não atendendo às necessidades de melhoria contínua, um dos pilares da gestão pela qualidade, que requer uma dinâmica sistêmica.

Essa nova percepção é constatada não só na indústria de processamento, especificamente na área de processamento de petroquímicos básicos, que tem seu maior referencial de gestão de riscos de processo na API RP 750, mas também em outros tipos de indústria como, por exemplo, a indústria de mineração e de seu correspondente processamento.

Recentemente, Hooke (2003) do *Minerals Council of Australia* (MCA) publicou a versão 2 de seu referencial para gestão de riscos que é o *National Minerals Industry Safety and Health Risk Assessment Guidelines*, desenvolvido pelo *Minerals Industry Safety and Health Centre* (MISHC) e a Universidade de Queensland, Australia.

Esse referencial teve endosso oficial das cinco maiores companhias *stakeholders* que atuam na área de mineração na Austrália, a saber, ANGLO COAL, SONS OF GWALIA, QUEENSLAND MINING COUNCIL, WMC RESOURCES LTD e XSTRATA COAL, que o reconheceram como um importante instrumento de fomento por conter as melhores práticas e experiências consolidadas em gestão de riscos, cujo objetivo maior é ajudar na melhoria contínua do desempenho da indústria de minerais.

Seu executivo-chefe, Hooke (2003), prefacia essa publicação declarando que ela foi estruturada para ajudar a implantação de sistemas formais de gerenciamento de riscos, sendo menos prescritivo e mais voltado para a face prática do sistema de gerenciamento, contendo estudos de caso e lições aprendidas, possuindo uma dinâmica tal que seja possível a incorporação de novas práticas e experiências.

Em 2001 o MCA australiano iniciou um projeto nacional para consolidar um elenco de boas práticas de gestão de riscos na indústria de minerais. Nada menos do que dezesseis entidades australianas participaram desse esforço de pesquisa, que, da mesma forma que as indústrias química, petroquímica e de petróleo enfocada no item 1.2 - Acidentes industriais catastróficos com produtos perigosos, teve como origem o impacto estarrecedor da opinião pública diante das catástrofes ocorridas na planta de processamento químico de Flixborough (1974) na Inglaterra, e na usina nuclear de Three Mile Island (1979), nos Estados Unidos.

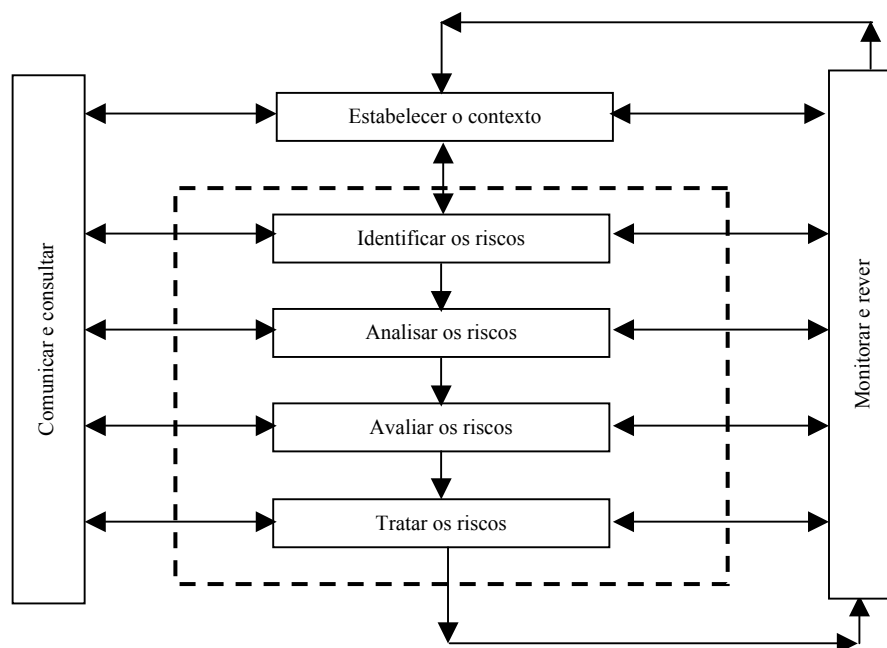
A percepção da indústria de mineração, *mutatis mutandis*, da mesma forma que ocorreu na indústria de processamento, foi que avaliações de riscos formais tinham um passado histórico ao longo de mais de trinta nos em outros tipos de indústria, como, por exemplo, petroquímica, nuclear, militar, aviação e espacial. Hoje em dia, todas essas indústrias vêem avaliação de riscos como valor inerente de seus negócios. Mas isso não era suficiente para as autoridades australianas, faltava o elo de ligação, o *rationale*.

Da mesma forma que na indústria e processamento, a indústria de mineração tem como compromisso melhorar a qualidade e a consistência de suas avaliações de riscos, introduzindo sofisticados e modernos métodos com seus benefícios para a indústria, trazendo, por conseguinte, a oportunidade de melhoria na efetividade de tais avaliações. No Quadro 24 estão alinhados os principais objetivos do referencial em tela.

| **OBJETIVOS DO REFERENCIAL AUSTRALIANO PARA GERENCIAMENTO DE RISCOS** |
|---|
| • Ajudar vários usuários alcançar produtos efetivos e eficientes com avaliações de riscos;<br>• Delinear várias abordagens para avaliações de riscos de modo a alcançar resultados consistentes para subsidiar avaliações formais de riscos e planos de gerenciamento de riscos catastróficos;<br>• Prover um processo robusto baseado em metodologias que promovam a melhoria contínua do patamar de qualidade das avaliações de riscos;<br>• Sugerir que os escopos ou desenhos das avaliações de riscos sejam críticos para se obter bons resultados;<br>• Servir de suporte e referência que permita um acompanhamento a estudos de avaliação de riscos;<br>• Ajudar a estabelecer que avaliações de riscos é parte “de como fazemos nosso negócio”. |

**Quadro 24** - Referencial australiano para gestão de riscos na indústria de mineração.
Fonte: Hooke (2003). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

Segundo Hooke (2003), o conteúdo dessas diretrizes é consistente e aderente às normas australianas MDG 1010 – *Risk Management Handbook for the Mining Industry NSW*

*Department of Mineral Resources*, MDG 1014 - *Guide to Reviewing a Risk Assesment of Mine Equipment and Operations NSW Department of Mineral Resources*, inclusive com o modelo de gerenciamento de riscos contemplado na norma australiana AS/NZS 4360 (1999) - *Risk Mangement*. O Fluxograma 8 apresenta o modelo do sistema de GRP para a indústria de mineração australiana.

**Fluxograma 8** - Modelo australiano de GRP, conforme norma AS/NZ 4360.
Fonte: Hooke (2003). Adaptação: Alan Da Silva Esteves(2004).

Tecendo algumas considerações complementares e finais sobre o modelo australiano, mencione-se que as linhas pontilhadas referem-se ao envelope que contém todo o processo de avaliação de riscos, "estabelecer o contexto" enfeixa cinco áreas-chave:

- O contexto estratégico;
- O contexto organizacional;
- O contexto do gerenciamento de riscos;
- O contexto do critério de avaliação (e tolerabilidade) de riscos;
- Decidir sobre a estrutura.

## 3.7 ASPECTOS CONCLUSIVOS

Uma corporação necessita definir a gestão de riscos como sendo a aplicação sistemática de políticas de gerenciamento baseada em seus padrões corporativos de gestão de SMS, diretrizes de avaliação e gestão de riscos, procedimentos e práticas para análise de tarefas, avaliação e controle de riscos a fim de proteger o homem, meio ambiente e a propriedade, garantindo a continuidade operacional incluindo a adoção de medidas técnicas e/ou administrativas para prevenir, controlar, e segurar os riscos, visando sua eliminação ou redução.

Para a gestão efetiva dos aspectos de SMS associados às suas atividades, instalações, operações e produtos é fundamental identificar perigos e avaliar riscos de SMS de maneira sistemática, para subsidiar a tomada de decisão sobre medidas para reduzir esses riscos a níveis aceitáveis. Após essa identificação dos perigos relevantes, a avaliação qualitativa e, se necessário, quantitativa dos riscos, são aplicadas medidas de mitigação dos riscos que não atenderem os critérios de tolerabilidade, e ainda definidos ou revistos, e desdobrados em todos os níveis na corporação os objetivos, metas e requisitos funcionais dessas medidas.

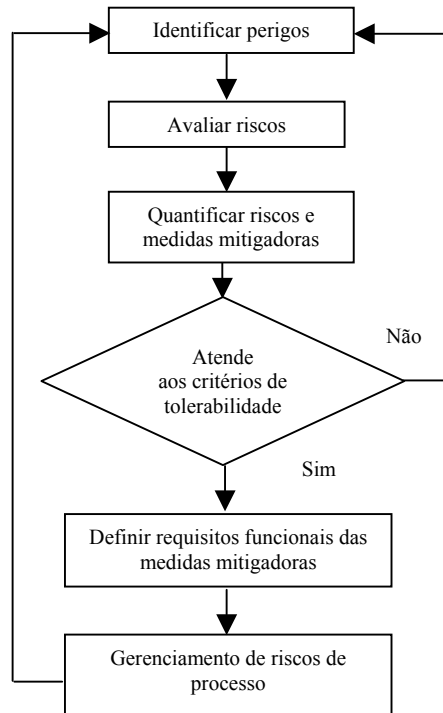
As medidas para reduzir riscos a níveis aceitáveis incluem:

- Prevenir incidentes e acidentes (reduzir a probabilidade de ocorrência);
- Controlar incidentes e acidentes (reduzir a extensão ou duração do evento perigoso);
- Mitigar os efeitos dos incidentes e acidentes (reduzir as conseqüências).

A metodologia para gerenciamento de riscos tem início com a aplicação de ferramentas e técnicas reconhecidas para identificar perigos e avaliar riscos, selecionadas de acordo com a complexidade da atividade, Planta ou operação. Com base nos perigos identificados e riscos avaliados, são elaboradas recomendações consolidadas e documentadas em relatórios, utilizados para acompanhar a implantação das recomendações até sua conclusão, para subsidiar a elaboração/revisão de procedimentos de operação e para treinamento. A metodologia de inclui:

- Identificação de todos os perigos;
- Avaliação dos riscos derivados dos perigos e sua tolerabilidade considerando as pessoas, as instalações e o meio ambiente;
- Recomendação de medidas para eliminar ou reduzir os riscos, e controlar seus efeitos;
- Acompanhamento da implementação dessas recomendações;
- Revisões periódicas das avaliações de risco e recomendações.

Para garantir que o processo de gerenciamento de riscos seja sistemático, ele é documentado formalmente, incluindo um responsável, e ser passível de ser submetido à

auditoria periodicamente. O Fluxograma 9 abaixo resume a metodologia de gerenciamento de riscos.

**Fluxograma 9** - Metodologia para gerenciamento de riscos.

# 4 DA CONCEITUAÇÃO TEÓRICA DOS RISCOS INDUSTRIAIS E SUA DELIMITAÇÃO

O desdobramento deste capítulo aborda quatro temas objetivando contextualizar os conceitos e fundamentos teóricos dos riscos industriais, sua delimitação, modelagem para cálculo, a problemática do cálculo das freqüências, conseqüências e vulnerabilidades, fechando a questão onde circunscreve o escopo do trabalho explanando por que não foram contemplados os riscos ecológicos.

## 4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Práticas consagradas e preconizadas internacionalmente por organismos e entidades ligadas à indústria química, petroquímica e petrolífera, são fundamentalmente prescritivas, focando a questão do gerenciamento de riscos sob a ótica do que é necessário fazer para controlá-los, sem, no entanto, indicar ações detalhadas e concretas e diretrizes de como e com quem, institucionalmente, levar a cabo tal processo. Assim, como será apresentado neste capítulo, para uma corporação que pretende conduzir seus negócios dentro do estado da arte da gestão, as prescrições são parte da solução.

Segundo Dunn (1997), freqüentemente se ouve o termo risco do mercado de capitais ou o risco de se contrair uma gripe durante o inverno. Em ambos os casos o termo risco é usado no sentido estrito da palavra. O primeiro refere-se à variabilidade desse tipo mercado e pode ser considerado como um termo técnico. O último é uma referência à probabilidade de uma

determinada conseqüência (a chance de se contrair o resfriado). No contexto deste trabalho, a abordagem do risco será feita de uma forma mais ampla dos significados dados pelo risco na forma cotidiana.

Dunn (1997) começa com uma discussão focada em eventos. Segundo o autor, eventos ocorrem e podem ocasionar vários desdobramentos. Eventos são, portanto, para ele, ocorrências como, por exemplo, haver um acidente automobilístico, ganhar na loteria, ou a falta de um derivado de petróleo no mercado.

Na literatura sobre avaliação de riscos, encontra-se evento como sendo um perigo embora o evento possa ou não representar um risco real. Dunn (1997) prefere usar o termo ameaça para descrever uma condição (ou às vezes até mesmo um evento) sendo avaliada por uma análise de riscos. A palavra ameaça é então usada por ele no sentido restritivo, exemplificando com o tempo pode ser uma ameaça ao nosso piquenique, para descrever a condição tal que o risco possa existir. Assim, os termos evento e ameaça são usados de maneira equivalente.

Dunn (1997) define então risco como sendo o produto da probabilidade de um evento ocorrer pela conseqüência causada pelo mesmo, onde probabilidade denota a probabilidade de o evento acontecer e conseqüência como sendo o resultado do evento, o qual é medido usualmente com valor monetário. Em alguns casos, é mais conveniente representar a probabilidade de o evento ocorrer como sendo o produto de uma verossimilhança de ocorrência da ameaça e a exposição ao evento. Nesse caso, a verossimilhança é a probabilidade de o evento ocorrer, dado que possam ser satisfeitas todas as pré-condições de sua ocorrência, e a exposição é a probabilidade de que tais pré-condições sejam satisfeitas.

Evidenciando o fato de o risco estar associado a uma probabilidade de perdas durante a realização de uma atividade dentro do sistema, e todos os seus elementos apresentarem potencial de riscos que possam redundar na falha do próprio sistema, Omenn et al. (1997) definem risco de forma holística com uma outra abordagem. Segundo os autores, risco é definido como sendo a probabilidade de que uma substância ou situação possa produzir dano sob condições especificadas. Risco seria, portanto, a combinação dois fatores:

- A probabilidade de que um evento adverso ocorra - como uma doença específica ou um tipo determinado de dano;
- A conseqüência do evento indesejável.

Dessa forma, risco engloba impactos na saúde de uma população e no meio ambiente e deriva da exposição e do risco. O risco não existe se a exposição a uma substância ou

circunstância perigosa não ocorrer, enquanto que o perigo é determinado pelo potencial que uma substância ou circunstância tem de causar efeitos danosos.

Duarte (1996), define risco individual médio como sendo calculado pela equação:

$$\overline{RI} = (1/N) \cdot \sum_{i=1}^{n} f_i \cdot x_i \qquad (2),$$

onde:

$\overline{RI} =$ Risco individual médio

$x_i =$ Número de mortes esperadas em um acidente específico;

$f_i =$ Freqüência esperada para este acidente;

$n =$ Número de tipos de acidentes potenciais da planta;

$N =$ Número de pessoas em situação de risco potencial.

Duarte (1996) sustenta que esta expressão representa a definição mais simples para o risco, que no contexto de sua tese de doutorado, tem por objetivo explicitar duas variáveis básicas, no conceito de risco: a freqüência dos eventos e suas potenciais conseqüências.

Citando normas internacionais, Vinnem (1999) reporta que risco é, segundo o definido pelas ISO 13702 e ISO 1999, um termo que combina a chance de que um evento perigoso possa ocorrer e a severidade das conseqüências advinda desse evento, ou seja:

$$R = f(p, C) \qquad (3)$$

onde:

$p =$ Probabilidade dos acidentes

$C =$ Conseqüência dos acidentes.

Nesse contexto, essa definição é às vezes também denominada de risco real, ou risco objetivo ou tecnológico. Mas como não deixam explícito seu significado, o termo risco adquire uso mais consagrado. Cita também uma definição alternativa para o risco, incluindo uma terceira variável, a aversão, $a$, ao risco, expressando o nível estimado do risco como uma função da probabilidade de ocorrer um acidente, a severidade de suas conseqüências e a aversão associada àquelas conseqüências, tal que:

$$R = f\left(p, C, a\right) \qquad (4)$$

Com uma linha análoga de pensamento, o AIChE (2000), estabelece que o conceito de risco está associado com a falha aleatória de um sistema, sendo a possibilidade de um sistema falhar usualmente expressa em termos de probabilidades, podendo gerar eventos não planejados ou seqüência de eventos que resultem em conseqüências indesejáveis. Dessa forma, é necessário se identificar cenários de acidente e avaliar o risco, definido em termos de uma probabilidade de falha, a probabilidade das várias conseqüências e o potencial de impacto dessas conseqüências. Assim, para um dado cenário, o AIChE (2000) escreve a equação que representa o risco como sendo:

$$Risco = F\left(s, c, f\right) \qquad (5),$$

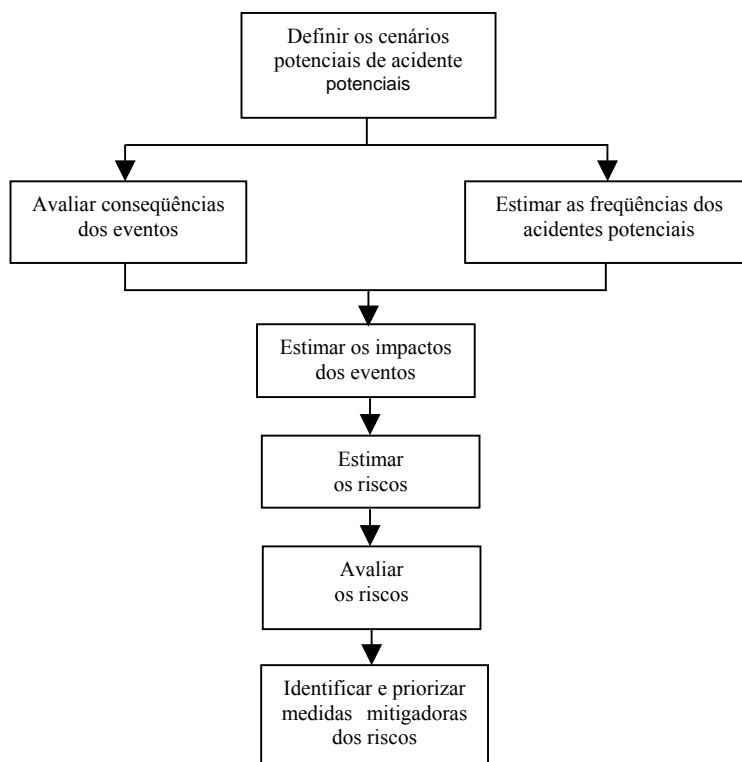
em que:

$s =$ Cenário hipotético

$c =$ Conseqüência (s) estimada (s)

$f =$ Creqüência estimada.

A expressão apresentada na equação (5), $F$ é uma função que pode, no entanto, ser extremamente complexa de ser determinada e resolvida, uma vez que pode representar diferentes medidas numéricas (usando diferentes funções de risco) calculadas a partir de um dado conjunto de variáveis $s$, $c$ e $f$.

Aprofundando mais a contextualização para se compreender melhor a dimensão do tema, o AIChE (2000) estabelece um enfoque metodológico quando trata de *Chemical Process Quantitative Risk Analysis* (CPQRA) definindo as principais etapas de uma CPQRA apresentadas no Fluxograma 10.

**Fluxograma 10** - Etapas de uma CPQRA.
Fonte: AIChE (2000)

As etapas dessa metodologia contemplam:

Análise de Riscos

- Definir as seqüências potenciais e os incidentes potenciais. Isso pode ser baseado em análises qualitativas de riscos como uma análise preliminar. Análises mais completas e complexas normalmente são baseadas em espectro mais amplo, contemplando todas as possíveis fontes;
- Avaliar as conseqüências dos incidentes. Algumas ferramentas típicas incluem modelagem de dispersões gasosas, de incêndios e explosões;
- Estimar as freqüências de incidentes potenciais. Árvores de Falha ou bancos de dados podem ser também usados para calcular as freqüências das seqüências de eventos iniciadores. Árvores de Eventos podem ser usadas para levar em conta a mitigação dos eventos pós-vazamento;
- Estimar impactos sobre pessoas, meio ambiente e propriedades;
- Estimar os riscos, através da combinação das conseqüências potenciais para cada evento com a freqüência dos mesmos, somando todos os eventos no final.

Avaliação de Riscos

- Avaliar os riscos, identificando as maiores fontes de risco, determinando se existem processos custo-eficientes ou modificações na Planta que precisem ser implementados para se reduzir os riscos da mesma. Muito freqüentemente essa tarefa pode ser realizada sem análises muito extensas. A avaliação pode ser também realizada levando em conta critérios requeridos legalmente, ou diretrizes internas corporativas, comparações com outros processos ou outros critérios subjetivos.
- Identificar e priorizar medidas de redução de riscos potenciais, se eles forem considerados excessivos.

Gerenciamento de Riscos

CPQRA é parte de um sistema maior de gerenciamento de riscos de processo (químico). Embora as etapas típicas de uma CPQRA tenham sido apresentadas no Fluxograma 10, é importante ter em mente que outros tipos de riscos como, por exemplo, perda financeira, riscos crônicos à saúde e valores intangíveis relacionados com a imagem da corporação no mercado, possa também ser considerado como significativos. Assim, esses riscos precisam ser também estimados qualitativamente ou quantitativamente, porque representam uma parte importante do processo de gestão.

Ainda segundo o AIChE (2000), CPQRA provê uma ferramenta consistente e sólida para o engenheiro ou gerente quantificar os riscos, analisar estratégias de sua mitigação e tomar decisões. O valor dessa quantificação é definido por esse Instituto como sendo:

> [...] uma abordagem quantitativa para a Segurança [...] não é uma ação estranha à indústria química. Para qualquer processo, a cinética da reação química, as transferências de massa e de calor, as taxas de corrosão, a mecânica dos fluidos, a resistência estrutural dos vasos de processo, tubulações e outros equipamentos, bem como outros itens similares, são determinados quantitativamente por experimentos ou calculados, desenhados e consubstanciados em um vasto acervo experimental (AIChE, 2000, p. 3, tradução nossa).

Taylor (2000), por seu turno, define risco como uma possibilidade de haver perda. Numa Planta de processo, as perdas podem ser de várias espécies, como, por exemplo, danos a equipamentos, perda de produção, ou danos ambientais, bem como danos e lesões à saúde.

Com o termo risco, esse autor coloca que não é possível se predizer as conseqüências de um evento. Uma conseqüência pode ser boa, e até desejável, ou ser má, ou indesejável. É a conseqüência não desejada que está associada ao risco. A seqüência que leva à conseqüência

final é formada de eventos aleatórios, sendo que alguns deles são mais prováveis de ocorrer que outros. Dessa forma, uma única conseqüência oriunda de uma seqüência de eventos também não é possível de ser prevista. O termo risco, por conseguinte, enfeixa dois parâmetros de medida: conseqüência e probabilidade.

A avaliação de riscos depende, ademais, do ponto de vista de como o risco é considerado: individual para uma pessoa isolada, para um grupo de pessoas, ou para uma sociedade como um todo. Assim, Taylor (2000) define risco individual como sendo o nível de risco para um indivíduo específico, usualmente, aquele que habita um local vizinho de uma Planta ou a própria força de trabalho da planta, e é medido em termos de freqüência de dano ou morte da pessoa.

Já o risco de um grupo de pessoas, ou risco grupal, é definido para um grupo de pessoas, por exemplo, uma equipe de manutenção de uma planta de processo, ou os empregados da planta como um todo e um certo tipo que afete o grupo. Importante observar que o risco grupal é uma média para o grupo, tal que um indivíduo com um risco individual muito alto, tende a "desaparecer na multidão". A medida do risco grupal para acidentes pessoais simples será então expressa como o produto do número de pessoas no grupo pela média dos riscos individuais. Daí ser esse tipo de risco que envolve acidentes com múltiplas pessoas, também um parâmetro relevante.

Taylor (2000) também define o risco social, num contexto mais amplo, como sendo para uma sociedade como um todo. Ele pode ser mensurado em termos da freqüência de acidentes acima de uma determinada dimensão. Risco social para acidentes pessoais simples será então o produto do número de pessoas expostas pela média dos riscos individuais. O risco social pode ser alto quando existem muitas pessoas expostas, como no caso do transporte de produtos perigosos, embora o risco individual possa até ser baixo. O risco social é usualmente considerado no caso de acidentes que envolvem muitas pessoas.

Uma outra questão também levantada por Taylor (2000) diz respeito à distinção que existe entre o caráter voluntário e involuntário do risco. O voluntário ocorre quando uma pessoa deliberadamente se predispõe a se expor ao risco, como no caso de pilotos de prova, fumantes, etc., enquanto que o involuntário ocorre quando o risco é imposto por atividades além do poder de decisão, do controle do indivíduo, como no caso de queda de raios, que é um fenômeno da natureza.

Finalizando sua percepção, Taylor (2002) postula Análise de Riscos como sendo a aplicação sistemática de métodos para identificar perigos e avaliar riscos. Como é um assunto bastante amplo, envolve desde análise de investimentos até análise da continuidade ou não

com riscos à saúde, questões relacionadas com seguros, bem como problemas de segurança. Envolve investigação sistemática de todas conseqüências da ocorrência de eventos indesejados. Nela, as várias seqüências podem conduzir a conseqüências indesejadas, e ao mesmo tempo, se obter uma percepção ou medida por meio da probabilidade do evento indesejado.

Já a Avaliação de Riscos é entendida por Taylor (2000) como sendo a combinação dos dois valores que são calculados, a conseqüência e a probabilidade, suplementada por outros aspectos e fatores, que são então comparados com um critério de aceitação pré-estabelecido, quer corporativamente, quer formalmente requerido com base legal. Atitudes diante dos riscos são afetadas por um amplo leque de fatores. Pessoas individualmente, interesses de grupos podem ter pesos diferenciados, e isso é refletido na maneira com que esses fatores mensuráveis são combinados, ou na escolha do critério de aceitação.

Uma grande quantidade de fatores pode ser mencionada como afetando a maneira como o risco é avaliado. Reações do público ou dos políticos diante acidentes catastróficos é normalmente muito mais violenta do que nos casos de acidentes de menores proporções, embora a quantidade de vítimas possa ser a mesma. Isso significa que os requisitos alocados na segurança em casos de acidentes de grandes proporções são percebidos de forma desproporcional, em relação à sua real necessidade técnica. Dessa forma, aspectos puramente teóricos da combinação matemática simples de freqüências e conseqüências não prosperam diante da reação do público.

Por um outro viés, segundo Mattos (2003), o estudo dos fatores que levam à ocorrência de acidentes, pode ser abordado de duas maneiras distintas. Uma mais tradicional, que se baseia no conceito de riscos ocupacionais, e uma outra no conceito de cargas de trabalho.

Conforme Mattos (2003, p. 5-7) é definido que,

> Os <u>riscos ocupacionais</u> (MATTOS, 2003, grifo nosso) consistem de fatores existentes no processo de trabalho com origem em seus componentes (materiais, máquinas/ferramentas, instalações, espaço físico, operações, métodos de trabalho, etc. e na forma de organização do trabalho (espacial, temporal, etc.) capazes de gerar acidentes, doenças e outros agravos à saúde do trabalhador. Eles podem ser caracterizados segundo a natureza da fonte de risco, a área de alcance ou ação, a relação com o exercício a atividade e com o tipo de lesão crônica ou aguda. Baseados nestas características, eles podem ser classificados em seis tipos:
>
> - Físicos;
> - Mecânicos;
> - Ergonômicos;
> - Químicos;
> - Biológicos;
> - Sociais.

Já como carga de trabalho, entende o dito autor como sendo a proposta de introduzir a atividade humana com a compreensão de padrões de morbidade, conjugada com a necessidade de se ter novas alternativas metodológicas para estudos dessa área. Para a ergonomia, as cargas de trabalho são determinadas por fatores relativos ao processo de trabalho, visto como a organização do trabalho e as condições ambientais, e pelos fatores relacionados com o indivíduo, como por exemplo, sexo, idade e condições de inserção na produção, nível de aprendizagem, condições de vida, estado de saúde, dentre outros fatores. Como metodologia, as cargas de trabalho são consideradas em três dimensões: físicas, cognitivas e psíquicas - sendo que não existe uma exata separação entre elas, pois, por exemplo, a existência de um fator de carga física implica, necessariamente, em cargas cognitivas e psíquicas, e vice-versa.

Por isso, o risco ocupacional é determinístico, posto que a fonte do risco está sempre presente, ou seja, com probabilidade igual a um não tem caráter probabilístico e estocástico, visto que não trata de falhas aleatórias, como acima evidenciado.

Daí pode-se concluir que os riscos ocupacionais na visão acima apresentada não são relacionados com aleatoriedade de falhas que ocorrem em Plantas de processo decorrentes de falhas aleatórias cuja modelagem é obtida por meio de tratamento das diversas combinações entre tais falhas e que são descritas com aporte da lógica matemática, de seus sistemas e componentes que realizam o processamento de fluidos, que no caso do presente trabalho, são os petroquímicos básicos, razão pela qual esses tipos de riscos não serão abordados no presente trabalho.

Como explanado anteriormente, Omenn et al. (1997), definem risco como sendo a probabilidade de que uma substância ou circunstância possa produzir dano sob determinadas condições, combinando dois fatores: a probabilidade de que um evento adverso venha a ocorrer (tal como contrair uma doença um sofrer algum dano), e as conseqüências do evento adverso.

Assim, risco engloba impactos na saúde pública e ao meio ambiente, e provém da exposição aos perigos. O risco não existe se a exposição a um produto perigoso ou situação não venha a ocorrer. O perigo é definido pelo potencial que tais componentes possam causar efeitos danosos.

Por último, cabe mencionar o âmbito das corporações da industria de processamento petroquímico, cuja experiência acumulada por décadas permite que também haja sua visão sobre a questão. Por exemplo, o entendimento de perigo é que é a fonte ou situação com potencial de provocar danos em termos de ferimentos humanos ou problemas de saúde, danos à propriedade, ao meio ambiente ou a uma combinação deles. Risco é definido como sendo a medida de perdas econômicas, danos ambientais ou lesões humanas resultante da combinação entre a probabilidade de ocorrência de um acidente (freqüência) e magnitude das perdas, danos ao ambiente e o de lesões (conseqüências). Pode ser entendido também como sendo a medida de perdas econômicas, humanas, e/ou ambientais, resultante da combinação entre freqüência esperada e conseqüência dessas perdas.

Como se observa, em que pese poder haver abordagens diferenciadas, existe um traço comum das correntes de pensamento e de distintas experiências, que é a importância do estudo de sistemas e dos riscos inerentes, de tal forma que inúmeras técnicas foram e vem sendo desenvolvidas para identificar, analisar e avaliar os focos geradores de anormalidades.

No contexto do processamento petroquímico, o risco desse tipo de indústria pode ser sintetizado no risco individual como sendo a medida da freqüência com que um indivíduo isoladamente sofre algum tipo de lesão ou fatalidade devido à ocorrência de um acidente, e no risco social como a medida da freqüência com que um número de indivíduos, como um grupo, tem probabilidade de sofrer lesões ou fatalidades em uma área definida ante a ocorrência de um acidente.

Posto isso, mencione-se por outro lado que a faina das operações realizadas nesse processamento envolve circunstâncias e produtos intrinsecamente perigosos. Assim, o risco industrial[66] de uma Planta de processamento de petroquímicos básicos decorrentes das

---

[66] Também denominado de *risco tecnológico*, ou *risco técnico.*

atividades de processo, ou doravante chamado neste trabalho de risco industrial (ou tecnológico) de processamento, ou risco de processo, é representado pelo valor numérico assumido por uma variável dependente de uma função contínua, de pelo menos duas variáveis aleatórias independentes (mais, adiante), que quantifica a chance matemática de materialização de seus perigos potenciais, ante a possibilidade de ocorrer falhas nessa instalação com conseqüente vazamento de energia e/ou matéria, que de alguma forma possam causar lesões ao ser humano, impactos ao meio ambiente e danos a propriedades, conforme definido pelo AIChE (2000) na equação (5).

Por isso mesmo, dado ao caráter aleatório dessas falhas, o risco industrial de processo é de difícil gerenciamento, requerendo, portanto, práticas sofisticadas que permitam predizer o comportamento de uma instalação e pessoal especializado.

A partir da equação (5) pode-se inferir que sua expressão mais simples, ou seja, quando a função risco é uma variável dependente de duas variáveis independentes apenas, é quando toda a configuração que contempla a co-existência da presença humana com recursos ambientais - fauna, flora, etc. existente ao redor da Planta na ocasião quando se realiza a avaliação dos riscos industriais de processo, se mantém razoavelmente constante, ou seja, não variando significativamente com o tempo.

## 4.2 BASE DE CONTEÚDO DA MODELAGEM PARA CÁLCULO DOS RISCOS

O contexto teórico que fundamenta o tratamento matemático do cálculo dos riscos pode se obtido, por exemplo, segundo modelo conceptual sugerido pelo Professor Luiz Fernando Seixas Oliveira, PhD[67*], quando trata da questão dos impactos causados por Plantas de processo ao esquematizar a discretização espacial utilizada no cálculo dos riscos que afetam recursos vulneráveis.

A modelagem conceptual corresponde à concepção do fenômeno observado e tem por objetivo conhecer suas causas e efeitos, compreender as interações e relevância dos agentes intervenientes na sua ocorrência. A partir do modelo conceptual existem duas vertentes, onde a mais comum é a tradução para um modelo matemático e a outra é o modelo físico.

---

[67 *] Diretor-Gerente da DET NORSKE VIRITAS - DNV PRNCIPIA, (2004).

Segundo o Professor Luiz Fernando Seixas Oliveira, PhD[68*], a primeira etapa da metodologia é estabelecida quando se contempla a caracterização dos vazamentos de matéria e/ou energia, identificando produtos perigosos emitidos e quantificando suas taxas de emissão. Essas emissões são determinadas a partir do conhecimento do regime operacional da Planta de processo, da caracterização dos produtos e da capacidade de retenção dos equipamentos de controle da Planta.

A Figura 8 mostra como o produto perigoso é disperso na atmosfera a partir do ponto de emissão $(x_0, y_0)$ e a localização do receptor $(x, y)$ em relação à fonte emissora.

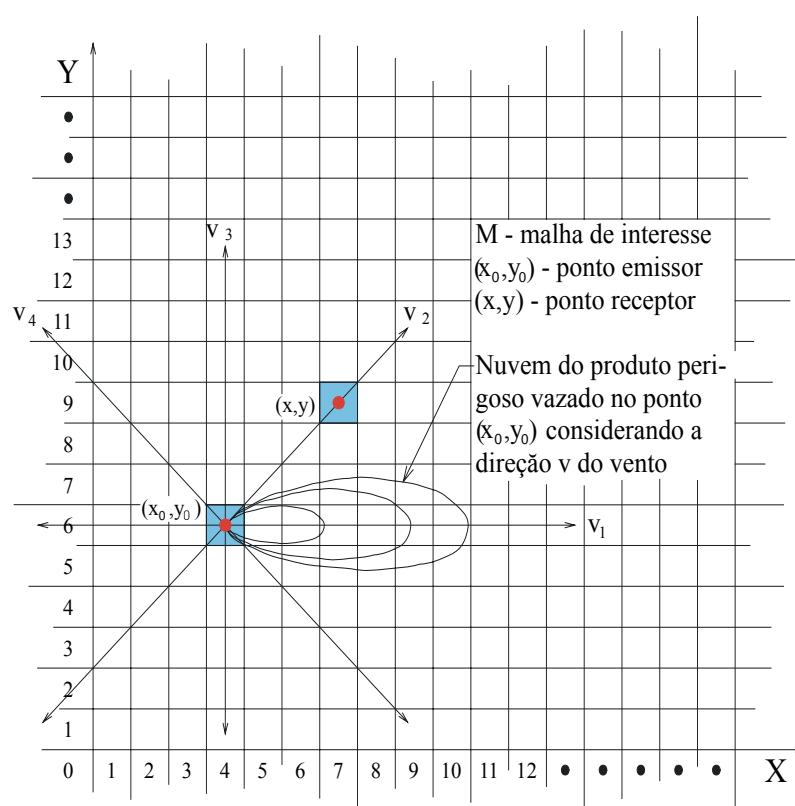



**Figura 8** - Esquema de discretização da malha de interesse.
Fonte: Oliveira[69*], (2004).

Como visto no Fluxograma 10, é apresentada a metodologia para análise quantitativa de riscos de processos químicos concebida pelo AIChE (2000). Num segundo momento, por meio de modelos matemáticos de cálculo de efeitos físicos fundamentados em fenômenos de transporte, determina-se a dispersão dos produtos perigosos causada por um evento

[68] *Informação verbal fornecida pelo Professor Luiz Fernando Seixas Oliveira, PhD, na reunião havida em 16/07/2004, nos escritórios da DET NORSKE VERITAS - DNV PRINCIPIA no Rio de Janeiro.
[69] Ibid.

indesejável $E$ (ruptura de uma linha, furo num vaso de pressão, etc. ) após seu lançamento na atmosfera e a distribuição espaço-temporal das propriedades transportadas.

A partir dos valores médios dessas propriedades e de dados de vulnerabilidade relacionando as concentrações aos seus potenciais danos à saúde humana (mortes e doenças), propriedades (estruturas, construções, plantações, etc.) e ao meio ambiente, pode-se determinar os riscos acarretados pelos produtos perigosos.

Esses dados de vulnerabilidade geralmente empregam relações Dose-Resposta (DR). Relações dose-resposta são obtidas de estudos toxicológicos que relacionam quantitativamente a dose e os efeitos causados por produtos perigosos. Adota-se o princípio de que existe uma relação causal entre o grau de exposição (dose) a um agente e a existência de um mecanismo capaz de causar um efeito (resposta). Assim, conforme o modelo conceptual sugerido pelo Professor Luiz Fernando Seixas Oliveira e a metodologia do AIChE (2000), o risco individual de dano pode ser calculado da forma adiante descrita.

A discretização da malha de interesse $M$ no plano $(X,Y)$ contempla a ocorrência de $i$ cenários variando de 1 a $I$, $j$ direções de vento variando de 1 a $J$, $k$ magnitudes da velocidade do vento variando de 1 a $K$, e $l$ efeitos físicos, variando de 1 a $L$.

Um indivíduo localizado no centro de um dado elemento dessa malha no ponto receptor $(x,y)$ pode receber impactos de efeitos físicos sob forma de irradiações térmicas $\Phi(x,y)$, sobre-presssões de pico $\Delta P^{\circ}(x,y)$ ou impulso $\Gamma(x,y)$ para ondas de choque (*blast wave*) e concentrações $\Omega(x,y)$ emanadas do ponto emissor $(x_0, y_0)$.

O risco individual no ponto $(x,y)$ devido a um dado cenário $i$ é dado pela equação:

$$RI_i(x,y) = f_{E,i} \cdot P_{m,i}(x,y) \qquad (6)$$

onde:

$RI_i(x,y) =$ Risco individual do cenário $i$ no ponto $(x,y)$;

$f_{E,i} =$ Freqüência de ocorrência do evento indesejável $E$ relativo ao cenário $i$;

$P_{m,i} =$ Probabilidade de morte de um indivíduo localizado no ponto $(x,y)$ de cada cenário $i$ devido a incêndio em nuvem, nuvem tóxica , sobrepressão de pico ou impulso de uma explosão em nuvem, por exemplo.

O risco individual $RI(x,y)$ em um ponto $(x,y)$ qualquer da malha devido a todos os $I$ cenários é dado pela equação:

$$RI(x,y)=\sum_{i=1}^{I} f_{E,i}\cdot P_{m,i}(x,y) \quad (7).$$

A probabilidade de morte acima mencionada é calculada pela seguinte equação que leva em conta todas as $J$ direções de vento, as $K$ magnitudes da velocidade do vento e os $L$ efeitos físicos, tal que:

$$P_{m,i}(x,y)=\sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K}\sum_{l=1}^{L} P_{m,jkl}(x,y) \quad (8).$$

Substituindo a equação (8) na equação (7) vem a equação seguinte para cálculo do risco individual total na malha de interesse, tal que:

$$RI_T(x,y)=\sum_{i=1}^{I} f_{E,i}\cdot\sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K}\sum_{l=1}^{L} P_{m,jkl}(x,y) \quad (9).$$

A conseqüência $C(x,y)$ é dada pela equação:

$$C(x,y)=N(x,y)\cdot P_{m,jkl}(x,y) \quad (10)$$

onde:

$N(x,y)=$ Quantidade total de indivíduos presentes no ponto receptor $(x,y)$ no momento do acidente.

O risco social $RS(x,y)$ num dado elemento da malha é calculado por:

$$RS(x,y)=RI(x,y)\cdot N(x,y) \quad (11),$$

em que $RI(x,y)$ e $N(x,y)$ foram definidos anteriormente.

O risco social total $RS_T$ é calculado em toda a extensão da malha discretizada $M(X,Y)$, ou seja:

$$RS_T = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} RI(x,y) \cdot N(x,y) \cdot dxdy \qquad (12).$$

O risco social total indicado na equação (12) é também referido na literatura como sendo o risco social médio $\overline{RS}$, e é também expresso pelo somatório dos produtos da freqüência $f_{E,i}$ pela magnitude da conseqüência $C_i(x,y)$ - da equação(10) para o cenário *i*, do efeito físico causado ao recurso vulnerável.

Portanto, pode-se reescrever o risco social médio como sendo:

$$\overline{RS} = \sum_{i=1}^{I} f_i \cdot C_i \qquad (13)$$

onde:

$\overline{RS}$ = Risco social médio;

$f_i$ = Freqüência do cenário $i$;

$C_i$ = Conseqüência do cenário $i$.

O conhecimento dos pares $f_i$ e $C_i$ mencionados na equação (13), permite se desenhar a curva F-N da Planta de processo, como será visto adiante.

De modo análogo, Dunn (1997) apresenta os mesmos resultados que o Professor Luiz Fernando Seixas Oliveira e define que, matematicamente, a função risco individual total $RI_T$ de uma Planta de processo mostrado na equação (9) acima estendendo-se para a equação (3) para um caso geral de vários riscos, pode ser expressa como sendo o somatório total de todos os riscos de todos os cenários de acidente, contemplados de forma individual, onde $i$ representa o cronológico de cada cenário pesquisado isoladamente, variando de 1 a $I$.

Ainda segundo Dunn (1997), a pesquisa desses cenários precisa focar primordialmente aqueles que apresentem real credibilidade de ocorrência (*credible scenarios*) ou dignos de

credibilidade. O cálculo de seus riscos é feito através das duas variáveis aleatórias e independentes anteriormente citadas, ou seja, através do produto da freqüência (probabilística e estocástica) de sua ocorrência [dele, cenário], quantificada pelo número esperado de ocorrências por unidade de tempo (hora, ano, etc), vezes a magnitude da conseqüência do efeito físico causado ao recurso vulnerável atingido no percurso do vazamento de energia e/ou matéria.

A unidade usual de medida do risco industrial de processo é ocorrência/ano, o que confere uma dimensão material e física ao risco, diferentemente do perigo, para o qual não se pode associar um número quantificador, visto se tratar de uma noção intuitiva, não quantificável.

Para o cálculo dos riscos individuais considera-se que o risco seja estimado para um individuo considerado isoladamente da sociedade, tido como um ser humano médio com capacidade locomotora, faixa etária e discernimento normal, que, embora fazendo parte de uma comunidade seja involuntariamente exposto a uma situação de risco ante a materialização aleatória de alguma circunstância perigosa, tal que, para um ou mais acidentes, o risco individual assumirá diferentes valores.

Em tais circunstâncias, esse indivíduo médio ficará sujeito a receber os impactos do transporte de propriedades transferentes como energia e/ou matéria, sob forma de radiação térmica de incêndios, energia de volume de picos de sobrepressão e de impulso e concentrações tóxicas. Caso fique exposto a esse transporte num período de tempo igual ao período de sua manifestação terá uma chance probabilística de receber 100% do total da quantidade transportada.

A visualização do risco individual de cada cenário de acidente é feita por meio de curvas de iso-risco (contornos de risco individual), uma vez que possibilitam mostrar sua distribuição geográfica do mesmo aos indivíduos em diferentes locais. A curva de um determinado nível de risco individual representa a freqüência esperada de um evento capaz de causar dano num local específico, conforme pode ser observado na Figura 9.

Os riscos individuais indicados representam um exemplo de uma análise de riscos executada para um terminal de carga e descarga de petroquímicos básicos e a faixa de seus dutos associados. As cores indicadas em vermelho ($10^{-4}$ ocorrência/ano), lilás ($10^{-5}$ ocorrência/ano), amarela ($10^{-6}$ ocorrência/ano) e verde ($10^{-8}$ ocorrência/ano) são representadas as curvas de iso-risco decrescentes na ordem indicada com seus valores absolutos de risco individual em cada área.

A curva assinalada em verde refere-se à curva de risco desprezível, ou de riscos abaixo de um valor muito pequeno, por exemplo, inferior de $10^{-8}$ ocorrências/ano, ou seja, uma chance matemática em cem milhões de que, por ano, um dado grupo de cenários possa ocorrer. As curvas nas cores vermelho, lilás e amarelo, correspondem às curvas de iso-risco em torno do aludido terminal. Observe-se que a área que apresenta riscos mais altos é grande na região onde existem as instalações do terminal (em vermelho).

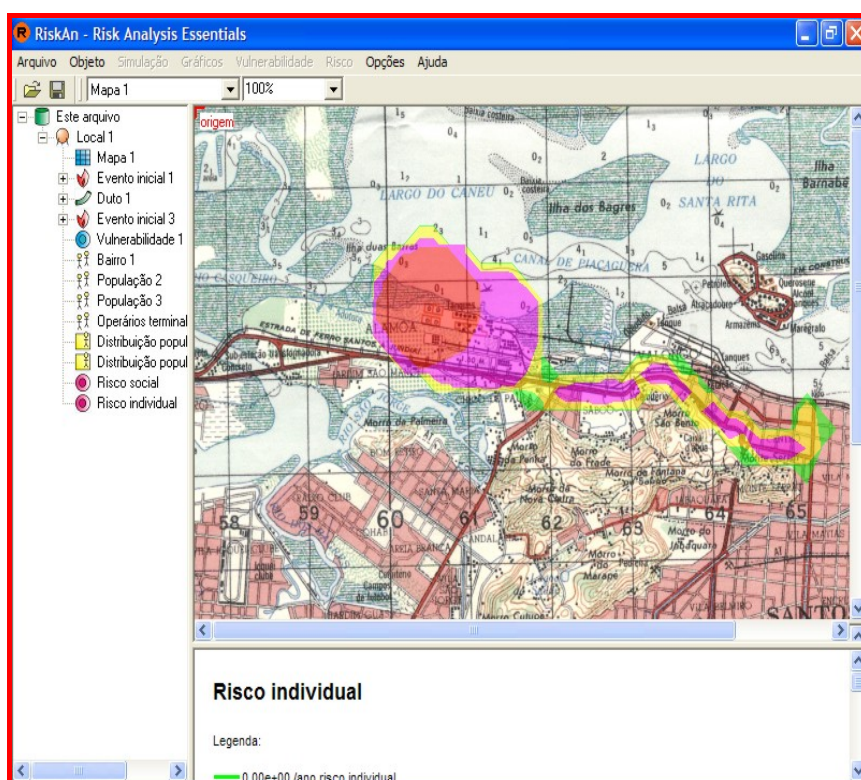



**Figura 9** - Curvas de risco individual.
Cortesia: SERENO SISTEMAS Ltda (2004).

A visualização do risco individual também pode ser feita por meio de contornos de risco individual lançados sobre mapas das instalações e da área afetada. Conforme mostrado na Figura 10, as poligonais nas cores verde, amarela, azul e vermelha, representam, respectivamente, a geratriz de um novo duto, rotas de acesso, um canal e uma faixa de dutos existente. Os retângulos com fundo preto na figura (ou vermelho na legenda) com inscrições em branco e fundo branco com inscrições em vermelho, representam, respectivamente, possíveis áreas de risco (Plantas de processo próximas, prédios, etc.), e locais onde a

evacuação e o atendimento de vítimas são considerados (hospitais, escolas, etc.). Os retângulos de fundo branco grafado em preto representam as curvas e iso-risco individual assinaladas na cor lilás, ou seja, as curvas de determinado nível de risco individual representando a freqüência esperada de um evento capaz de causar dano num local específico, conforme pode ser observado. Nessa figura têm-se três curvas: a de $1x10^{-6}$ ocorrências/ano (interna), a de $1x10^{-7}$ (mediana) e a de $1x10^{-8}$ (externa). As curvas de risco individual indicadas, representam um exemplo de um estudo de análise de riscos executado para a instalação de um novo duto que se pretende construir próximo a um duto existente.

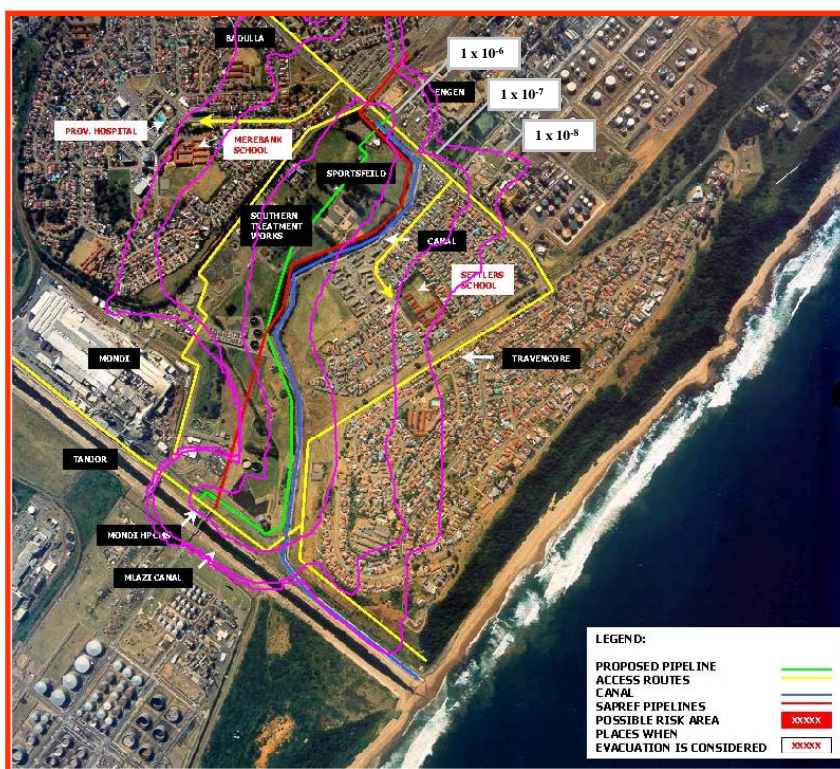



**Figura 10** - Visualização de curvas de iso-riscos para riscos individuais.
Fonte: Cortesia DNV PRINCIPIA (2004)

A quantidade de pessoas impactadas por todos os cenários é então determinada resultando numa lista do número de fatalidades, com as respectivas freqüências acumuladas de ocorrências, possibilitando assim a construção da curva F-N de riscos sociais para todos os cenários decorrentes de cada um dos valores das freqüências acumuladas de $N$ maior ou igual a 1, 10, 100, 1.000 e 10.000 fatalidades.

Um exemplo de curva F-N é mostrado no Gráfico 2 para visualização, resumindo os conceitos apresentados. No eixo das ordenadas estão lançadas as freqüências $F$ acumuladas de todos os cenários individuais capazes de acarretar $N$ ou mais fatalidades, variando entre $10^{-2}$ e $10^{-8}$ ocorrências/ano e, no eixo das abcissas, as $N$ fatalidades acima de 1, 10, 100, 1.000 e 10.000 unidades (pessoas mortas). No mesmo gráfico, com escalas logarítmicas em ambos os eixos em escala “log-log”[70] , podem ser observadas as curvas de tolerabilidade de riscos: a do limite superior, na cor vermelha (*maximum risk criteria*), acima da qual os riscos, segundo o critério de tolerabilidade adotado, são considerados não toleráveis, ou intoleráveis, e a do limite inferior, na cor azul (*minimum risk criteria*), abaixo da qual os riscos, *ipso facto*, são considerados como toleráveis.

A curva na cor preta, refere-se à curva F-N global de uma dada Planta de processo, ou seja, a somatória de todos os riscos individuais calculados para todos os possíveis cenários apurados para a instalação, considerando todas as facilidades acima mencionadas. Assinale-se que, na presente ilustração, foi adotado um corte de riscos (*risk cut-off*) com limite inferior de $10^{-8}$ ocorrências/ano, em que foram desprezados todos os cenários de acidente com freqüência individual inferior a este valor.

Segundo Fleishman e Hogh (1989 e 1991), a região entre as duas curvas é a região denominada de *As Low As Reasonably Practible* (ALARP)[71], ou seja, as medidas de mitigação dos riscos serão adotadas até o limite máximo permitido, desde que seja razoavelmente praticável.

Por outras palavras, desde que o estágio da tecnologia, à época, assim o permita e desde que o custo de sua adoção seja definido em bases de custo *versus* efetividade (*cost-effectiveness*) ou de custo *versus* beneficio (*cost-benefit*), de modo a não inviabilizar o próprio negócio.

---

[70] Tipo de papel milimetrado que usa escalas logarítmicas nos eixos x e y.
[71] Tão baixo quanto possa ser razoavelmente praticável.

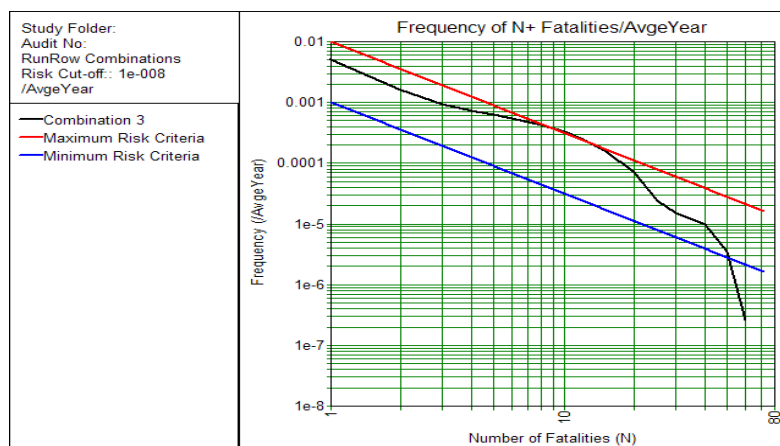



**Gráfico 2** - Exemplo de gráfico de Curva F-N.
Fonte: Cortesia DNV PRINCIPIA (2004)

Normalmente, essa base é definida com o pressuposto de que haja predisposição para pagar (*willingness to pay*), cujos valores limites entre pagar e não pagar é função das condições do valor que o mercado atribui para o bem ou serviço arrolado na decisão (no caso do custo-efetividade), ou da cultura de como a sociedade entende quanto vale uma vida humana (no caso do custo-benefício). Todos esses aspectos deixam de ser aqui discutidos, uma vez que transcende ao escopo do presente trabalho.

## 4.3 DA PROBLEMÁTICA DO CÁLCULO DAS FREQÜÊNCIAS, CONSEQÜÊNCIAS E VULNERABILIDADES

Diante do acima explanado, pode-se concluir que gerenciar o risco industrial de processo é, em suma, o desafio, o objeto maior que transcende e permeia por toda a atividade de produção de petroquímicos básicos através da atuação na redução da freqüência, ou na redução da conseqüência, ou em ambas.

Embora haja uma sólida base de conteúdo teórico nas formulações dos modelos então discutidos, Duarte (2002) com propriedade chama atenção sobre alguns importantes aspectos que precisam ser levados em consideração sobre esse assunto. Segundo o autor, pode-se estimar a freqüência das seqüências de eventos indesejáveis, e conseqüentemente dos acidentes, através de cálculos probabilísticos. Todavia, a determinação do risco não se limita à freqüência calculada para o conjunto de acidentes potenciais de uma instalação. As

características particulares de cada efeito físico e de cada contexto, agregação social ou ecossistema limítrofe à instalação são também considerados no cálculo do risco total.

A primeira variável, ou seja, a freqüência, é um fator diretamente relacionado com a instalação, a forma como ela foi projetada, sua idade, como é operada e como é feita sua manutenção, dentre outros aspectos. A segunda, a magnitude da conseqüência, refere-se à questão de como os receptores receberão os impactos causados pelos efeitos físicos. Ainda segundo Duarte (2002), é preciso considerar as características da evolução espacial e temporal dos acidentes, a redução da população exposta, dentre outros. São, portanto, fatores interferentes:

- A organização do espaço sócio-econômico;
- As particularidades culturais da população exposta;
- A qualidade de alguns serviços públicos;
- O nível de investimento em infra-estrutura urbana.

A importância relativa da função riscos aumenta nos seguintes contextos:

- Os cálculos das $f_i$ genéricas são baseados em informações de qualidade questionável;
- Existe um grau elevado de desorganização do espaço sócio-econômico.

O primeiro caso é comum nas instalações já em operação, tornando-se mais crítico nas mais antigas, ou que foram modificadas em seu projeto. O segundo é encontrado com freqüência em áreas de países chamados "em desenvolvimento".

Quanto aos aspectos relacionados às conseqüências oriundas da materialização dos riscos de processo, existe uma outra problemática relacionada com a questão da modelagem entre dose e resposta e a determinação das vulnerabilidades que merece ser abordada. Dentro do contexto acima explanado por Dunn (1997) e Frizzone e Silveira (1998) em outra obra tratando das ferramentas matemáticas utilizadas para realizar análise de projetos, expõem que uma variável aleatória $x$ que assume todos os valores reais entre $-\infty < x < +\infty$, tem uma distribuição normal (ou Gaussiana) se sua função densidade de probabilidade for da forma indicada:

$$f(x) = 1/\left(\sigma\sqrt{2\pi}\right)\cdot exp\left\{-1/2\cdot\left[\left(x-\mu\right)/\sigma\right]^2\right\},\quad -\infty \leq x \leq +\infty \qquad (15)$$

A função de distribuição acumulada correspondente apresentada é:

$$F(x) = P(X \leq x) = 1/\left(\sigma\sqrt{2\pi}\right) \cdot \int_{v=-\infty}^{v=x} exp\left\{-1/2 \cdot \left[(x-\mu)/\sigma\right]^2\right\} \cdot dv \quad (16)$$

Os parâmetros $\mu$ e $\sigma$ precisam satisfazer às condições $-\infty < \mu < +\infty$ e $\sigma > 0$. Dado que, em muitas ocasiões é necessário se referir à distribuição normal, pode ser empregada a notação: $X$ terá distribuição $N(\mu, \sigma^2)$ se, e somente se, sua distribuição de probabilidade for dada pela equação (16). Naturalmente que para a função de probabilidade tem-se:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) \cdot dx = 1 \quad \text{e} \quad f(x) = 0 \quad (17)$$

Os dois parâmetros $\mu$ e $\sigma$ que caracterizam a distribuição normal são, respectivamente, a esperança (média) e o desvio padrão da distribuição, Sabendo-se que $X$ é distribuída normalmente, saber-se-á apenas que sua distribuição de probabilidade é de certo tipo (ou pertence a uma certa família). Se, além disso, forem conhecidos o valor esperado e a variância, a distribuição de $X$ estará completamente especificada. O gráfico da função densidade de probabilidade de uma variável aleatória normalmente distribuída é simétrico em relação a $\mu$. O achatamento da curva é determinado por $\sigma^2$.

Se $Z$ é uma variável padronizada relacionada a $X$ por uma função linear da forma indicada:

$$Z = (X - \mu)/\sigma \quad (18)$$

então a média ou o valor esperado de $Z$ é zero e a variância é 1. Em tal caso, a função de densidade de $Z$ pode ser obtida a partir da Equação (18) fazendo-se formalmente $\mu = 0$ e $\sigma = 1$, donde

$$f(z) = \left(1/\sqrt{2\pi}\right) \cdot \exp\left[-1/2 \cdot (z)^2\right] \quad (19)$$

A função dada por (17) é comumente designada função de densidade normal reduzida ou padronizada. A função de distribuição correspondente é dada por:

$$F(z)=P(Z\leq z)=\left(1/\sqrt{2\pi}\right)\cdot\int_{u=-\infty}^{u=z}exp\left[-1/2\cdot(z)^2\right]du=1/2+\left(1/\sqrt{2\pi}\right)\cdot\int_{u=0}^{u=z}exp\left[-1/2\cdot(z)^2\right]du \quad (20)$$

sendo $z$ o valor da variável padronizada $Z$.

Essa integral apresentada em (20) pode ser usada nas duas formas apresentadas. Porém, ela não pode ser resolvida por métodos diretos uma vez que não se pode encontrar uma função cuja derivada seja igual a $exp\left[-1/2\cdot(z)^2\right]$, pois trata-se de uma função transcendental. Contudo, métodos de integração numérica podem ser utilizados para calculá-la, e, de fato, $F(z)$ tem sido calculada e tabulada, podendo ser encontrada em compêndios de Estatística.

Num foco mais amplo abrangendo outras Plantas de processo que lidem com produtos perigosos e envolvendo outros tipos de efeitos físicos como incêndios, explosões e dispersão de produtos perigosos, conforme abordado por De Roos (1992) há uma outra questão mais diretamente relacionada com o risco, mencionando que é o cálculo da vulnerabilidade dos operadores, público externo, equipamentos e propriedades, decorrentes, onde aplicável, de ondas de pressão, radiação térmica e dispersões de gases tóxicos.

De Roos utiliza as denominadas Funções de PROBIT e o Modelo de Simulação de Vulnerabilidade de Einsenberg (1975 apud DE ROOS, 1992, p. 5-19) da *US Coast Guard* implementados em diversos *softwares* encontrados no mercado. As vulnerabilidades são simuladas evidenciando danos expressos em percentagem somente de dois tipos de recursos vulneráveis: seres humanos e estruturas, excluindo, portanto, os recursos ambientais, como será apresentado adiante no item 4.4 - Conclusão - da exclusão dos riscos ecológicos, sobre a exclusão dos riscos ecológicos.

Na mesma linha de desenvolvimento de Dunn (1997), Mohindra (1999) define que a modelagem da vulnerabilidade dos recursos supracitados, ou o cálculo dos níveis de efeitos em recursos vulneráveis expressos como a Conseqüência Social $C_{H,E}$ é efetuado através de:

$$C_{H,E}=\iiint_V P_{H,E}(x,y,z)\cdot\rho(x,y,z)\cdot dxdydz \quad (21)$$

na qual $(x,y,z)$ denota os pontos no espaço tridimensional expostos ao evento indesejado $E$, $\rho(x,y,z)$ a densidade populacional, $P_{H,E}(x,y,z)$ a conseqüência individual do recurso ao

evento *E*, ou seja, a probabilidade condicional de um indivíduo sofrer um efeito físico $H$, como por exemplo, morte, lesão, danos a propriedades e equipamentos, dado que ficou exposto a um evento indesejado $E$, e a integral tripla é tomada no espaço tridimensional do volume de controle exposto ao risco. O nível da conseqüência individual variará dependendo da localização do receptor com respeito à fonte de risco.

Ainda conforme Mohindra (1999), produtos perigosos liberados no ambiente podem alcançar um recurso vulnerável através de uma variedade de meios de transporte, como por exemplo, a atmosfera, solo (poeiras e particulados), água e lençóis freáticos. Em Avaliação de Riscos, o meio mais significativo quase sempre é a atmosfera. As variáveis usadas para caracterizar níveis de riscos para diferentes tipos de materiais incluem:

- Intensidade de Radiação Térmica, denominada por $\Phi$, para materiais inflamáveis;
- Sobrepressão, denominada por $\Delta P^{\circ}$, ou Impulso de onda choque, denominado por $\Gamma$, respectivamente, para ondas de pressão que promovam efeitos físicos do tipo mortes por hemorragia pulmonar, ruptura de tímpanos, e para ondas de choque que acarretem efeitos do tipo tombamento de estruturas por impacto;
- Concentração, usualmente denominada por $\Omega^{n}$, para produtos tóxicos, carcinogênicos e substâncias de efeitos sistêmicos.

Assim, para se calcular a probabilidade de um efeito físico em um dado ponto receptor, é necessário se definir o conceito de Carga $L$, ou Dose $D$, associadas a um produto ou circunstância específicos, através das equações (22), (23) e (24) para riscos associados, respectivamente, com radiações térmicas, sobrepressões e concentrações, a saber:

$$L = D = \int_{t_0}^{t} \Phi^{n}(t)\,dt \qquad (22)$$

$$L = D = \Delta P^{\circ} \quad \text{ou } \Gamma \qquad (23)$$

$$L = D = \int_{t_0}^{t} \Omega^{n}(t)\,dt \qquad (24)$$

Nessas equações, $L$, $\Phi$, $\Delta P^{\circ}$, $\Gamma$ e $\Omega^{n}$ são funções contínuas do tipo $Y = f(x, y, z, t)$ dependentes das posições relativas entre o ponto emissor e o ponto receptor e do intervalo de tempo com que a energia e/ou matéria liberada do emissor se propagam num meio contínuo e

alcançam o receptor, e são calculadas por meio de modelos matemáticos encontrados em compêndios de Análise de Riscos ou *softwares* dessa área. O expoente $n$ é diferente para cada produto vazado e dependente do tipo de efeito envolvido, e a integral precisa ser tomada dentro do intervalo de tempo de exposição do recurso receptor ao risco correspondente. O expoente $n$ pode ser obtido na literatura científica para diferentes tipos de produtos perigosos e riscos. Mencione-se, todavia, que existem limitações, dado que não existem dados disponíveis para todas as substâncias perigosas.

De Roos (1992) estabelece que no que concerne às equações (22), (23) e (24), a depender do tipo de efeito, a dose $D$ pode assumir valores de uma radiação térmica ($kW/m^2$) para o caso e incêndios, de uma sobrepressão de pico ou impulso (kPa, ou bar) para caso de uma explosão, ou de uma concentração ($mg/m^3$ ou ppm), no caso de dispersão de uma nuvem tóxica.

O Modelo de Eisenberg (1975 apud DE ROOS, 1992, p. 3-19) utiliza as Funções de PROBIT, onde PROBIT é uma corruptela de *PROBability UnIT*, segundo Mohindra (1999). Essa unidade de probabilidade, também chamada de número de PROBIT (adimensional) ou $Pr$, é o valor da variável dependente que é calculado através da equação (25), em que onde $a$ e $b$ são parâmetros também chamados de constantes de PROBIT, função do tipo de produto envolvido, correlacionados na literatura científica e assumem valores diferentes, quantificados com unidades específicas de modo a fornecer o número de PROBIT adimensional. D é a variável independente também chamada de variável causal, ou dose, calculada conforme as equações (22), (23) e (24).

O número de PROBIT pode ser então calculado pelas equações de PROBIT, ou seja:

$$Pr = a + b.\ell n\left(D\right) \qquad (25)$$

Mohindra (1999) sustenta também que os efeitos físicos em um receptor após a ocorrência de um evento indesejável devem levar em conta que a intensidade da radiação térmica e a sobrepressão e impulso podem ser estimados por meio de modelos matemáticos. Para o caso de danos tóxicos, as equações de PROBIT são determinadas para um efeito específico à saúde por regressão da resposta como uma função da carga (ou dose) tóxica (dose oral, ou a combinação entre a concentração inalada e o período de exposição)

As constantes de PROBIT são baseadas em dados toxicológicos obtidos em laboratório com animais utilizando-se populações razoavelmente homogêneas, e considerando

também que a variação da população humana exposta durante um acidente pode ser significativa, tendo em vista as incertezas inerentes.

Assim, como visto acima, a estimativa das conseqüências individuais $P_{H,E}(x,y,z)$ é calculada considerando o efeito como sendo a morte. A probabilidade de haver morte em um dado ponto da malha de interesse devido à um acidente, depende da quantidade do material vazado, do risco existente no ponto de localização do receptor devido, por exemplo, ao nível de concentração $\Omega^n$ de uma nuvem tóxica ou pluma, a intensidade de radiação térmica $\Phi$ de um incêndio, a sobrepressão $\Delta P^{\circ}$ ou impulso $\Gamma$, etc., da duração da exposição do receptor exposto ao risco e da maneira coma a combinação nível de risco e duração da exposição afetam o receptor.

Como visto também pelo Professor Luiz Fernando Seixas Oliveira, os dados de vulnerabilidade geralmente empregam relações Dose-Resposta (DR). Relações dose-resposta são obtidas de estudos e experimentos sobre incêndios, explosões e radiações térmicas, que relacionam quantitativamente a dose e os danos causados por esses efeitos. Adota-se o mesmo princípio de que existe uma relação causal entre o grau de exposição (dose) a um agente e a existência de um mecanismo capaz de causar um efeito (resposta). Esse princípio encontra-se retratado na equação (26).

Ainda conforme De Roos (1992), o número de PROBIT é uma quantidade derivada, obtido via transformação estatística, a partir da fração percentual da resposta $R$ indicada na equação (26).

A equação apresentada em (26) por Mohindra (1999), que é o primeiro formato da equação (20) apresentada por Frizzone e Silveira (1998), é descrita por meio de uma função de distribuição estocástica de variável aleatória $u$. Essa equação representa o elo que possibilita correlacionar a relação dose-resposta estabelecida na equação (24) do Modelo de Eisenberg com a vulnerabilidade, que é o que se deseja calcular, tal que:

$$R = P_{H,E}(x,y,z) = \left(1/\sqrt{2\pi}\right) \cdot \int_{u=-\infty}^{u=\mathrm{Pr}-5} \exp\left[-1/2(u)^2\right] \cdot du \qquad (26)$$

Deve ser mencionado que segundo Mohindra (1999), o uso da equação (26) implica em se assumir uma distribuição de adultos, crianças e idosos saudáveis na população exposta e que a variabilidade das características das respostas de diferentes indivíduos é levada em conta na “função erro” representada pela equação (26) acima.

Da mesma forma, as incertezas devido a fatores como, por exemplo, escassez de dados, extrapolação de dados de animais para seres humanos, etc., devem ser levadas em conta através do uso de fatores de segurança “embutidos” no desenvolvimento das constantes de PROBIT $a$ e $b$.

Adicionalmente, devem ser levados em conta os seguintes aspectos quando se considera que as equações de PROBIT são prontamente aplicáveis a todos os tipos de produtos químicos e vazamentos, sejam eles de curta, longa duração ou variando rapidamente:

- Deve ser feita uma simplificação quando uma nuvem inflamável entra em ignição, considerando que haverá incêndio em nuvem,
- A extensão do incêndio em nuvem será determinada pela extensão da área onde a concentração excede os limites de inflamabilidade do produto,
- Receptores no interior de um incêndio em nuvem invariavelmente morrem;
- $P_{H,E}$ é considerada conservativamente igual a 1 nas área que estiverem dentro dos limites de inflamabilidade.

Como visto, segundo Frizzone e Silveira (1998) a equação (26) não pode ser resolvida por métodos diretos, mas sim por métodos de integração numérica que a calculam e tabulam, conforme encontrado nos compêndios de Estatística.

Na prática, é usada uma tabela para converter frações percentuais em resposta ou vice-versa. Com o número de PROBIT calculado com a equação (25) entra-se nessa tabela que converte e correlaciona esse número com frações percentuais que representam a probabilidade ou percentual do recurso vulnerável que é atingido, ou seja, a vulnerabilidade (que é o que se deseja calcular), também chamado percentual da resposta (*response percentage*), obtido através da multiplicação da fração da resposta (*response factor*) $R$ por 100, obtida com a equação (26) aplicada ao caso particular em foco.

A relação entre probabilidades percentuais e PROBIT’s e o efeito da transformação de um número de PROBIT, onde a curva-S se transforma numa linha reta quando a percentagem não é mais arranjada linearmente no eixo vertical, e os PROBIT’s são obtidos linearmente, são apresentados adiante no Gráfico 3 em conjunto. Por exemplo, quando o número de PROBIT calculado conforme (25) assume o valor 5, a integral da variável aleatória $u$ da equação (26) alcança o valor de 50% do recurso vulnerável atingido e $\ell n(D)$ na equação (25) assume o valor unitário.

| % | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | - | 2.67 | 2.95 | 3.12 | 3.25 | 3.36 | 3.45 | 3.52 | 3.59 | 3.66 |
| 10 | 3.72 | 3.77 | 3.82 | 3.87 | 3.92 | 3.96 | 4.01 | 4.05 | 4.08 | 4.12 |
| 20 | 4.16 | 4.19 | 4.23 | 4.26 | 4.29 | 4.33 | 4.36 | 4.39 | 4.42 | 4.45 |
| 30 | 4.48 | 4.50 | 4.53 | 4.56 | 4.59 | 4.61 | 4.64 | 4.67 | 4.69 | 4.72 |
| 40 | 4.75 | 4.77 | 4.80 | 4.82 | 4.85 | 4.87 | 4.90 | 4.92 | 4.95 | 4.97 |
| 50 | 5.00 | 5.03 | 5.05 | 5.08 | 5.10 | 5.13 | 5.15 | 5.18 | 5.20 | 5.23 |
| 60 | 5.25 | 5.28 | 5.31 | 5.33 | 5.36 | 5.39 | 5.41 | 5.44 | 5.47 | 5.50 |
| 70 | 5.52 | 5.55 | 5.58 | 5.61 | 5.64 | 5.67 | 5.71 | 5.74 | 5.77 | 5.81 |
| 80 | 5.84 | 5.88 | 5.92 | 5.95 | 5.99 | 6.04 | 6.08 | 6.13 | 6.18 | 6.23 |
| 90 | 6.28 | 6.34 | 6.41 | 6.48 | 6.55 | 6.64 | 6.75 | 6.88 | 7.05 | 7.33 |
| - | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 |
| 99 | 7.33 | 7.37 | 7.41 | 7.46 | 7.51 | 7.58 | 7.65 | 7.75 | 7.88 | 8.09 |



**Gráfico 3** - Relações entre probabilidades percentuais e PROBITS
Fonte: De Roos (1992)

Frizzone e Silveira (1998) mencionam exatamente esse aspecto quando aborda a questão do erro, estabelecendo que a função $F(z)$ descrita na equação (26) - ou na (20) original, está relacionada diretamente uma “função erro”, a mesma mencionada por Mohindra (1999), a qual denominam de $erf(z)$, que é extensamente tabelada.

Tem-se que:

$$F(z) = (1/2)\left[1 + erf\left(z/\sqrt{2}\right)\right] \tag{27}$$

onde

$$erf(z) = \left(2/\sqrt{\pi}\right) \cdot \int_{u=0}^{u=z} exp\left[(-u)^2\right] du \qquad (28).$$

Expõem ainda que pode-se utilizar a tabulação da função $F(z)$ a fim de se calcular $P(a \le X \le b)$, onde $X$ tem a distribuição acumulada na equação em (16). Conclui-se da definição de $F(z)$ que

$$F(-z) = 1 - F(z) \qquad (29)$$

Com essa conclusão, permite-se verificar, por exemplo, para a distribuição normal, que para $-1 \leq z \leq +1$ tem-se 68,27% da área sob a curva, para $-2 \leq z \leq +2$ tem-se 95,45% da área sob a curva e para $-3 \leq z \leq +3$, tem-se 99,73% da área total. Dessa forma, valores compreendidos entre $\mu \pm \sigma$ ocorrem com 68,27% de probabilidade, entre $\mu \pm 2\sigma$ com 95,45% de probabilidade e entre $\mu \pm 3\sigma$ com 99,73% de probabilidade. E, com isso, se estabelece, a depender da confiabilidade dos dados experimentais obtidos, como os coeficientes de segurança podem ser calculados de forma a que o valor esperado de $R$ na equação (25) espelhe o máximo possível a realidade que se pode obter com esses dados, ou seja, com intervalo de confiança numa a faixa tal que seja igual ou maior que $\mu \pm 3\sigma$.

Em suma, como visto, através das funções de PROBIT determina-se o percentual do recurso vulnerável que é atingido pela incidência da variável causal $D$ (dose) que é calculada numa dada distância contada a partir do epicentro onde ocorreu o vazamento.

## 4.4 ASPECTOS CONCLUSIVOS - DA EXCLUSÃO DOS RISCOS ECOLÓGICOS

Já com relação aos recursos vulneráveis ambientais, pode-se, por exemplo, mencionar a metodologia que foi desenvolvida por Schobben e Scholten (1993)[72] discorrendo sobre métodos probabilísticos para avaliação dos riscos ecológicos à biota aquática. Os autores estabelecem que a modelagem do risco ecológico necessita ser baseada numa tratativa completamente diferente dos riscos industriais de processo, uma vez que se baseia na comparação entre as concentrações ambientais potenciais (ou previsíveis) *Potential Environmental Concentrations* (PEC) com a qual a biota aquática é exposta, e a sensitividade da mesma a tais exposições, essa última denominada de *No-Effect threshold Concentration*, (NEC) isto é, a concentração mínima na qual a biota se torna adversamente impactada. Tais comparações são classificadas como método das razões PEC/NEC.

Segundo os pesquisadores, quando se tratar de biota aquática, as concentrações PEC são geralmente calculadas por meio de modelos matemáticos que descrevem o transporte e a

[72] Dois pesquisadores da TNO (*The Netherlands Organization of Applied Scientific Research*) - *Laboratoy for the Applied Marine Research*, *Institute of Environmental Sciences, Department of Biology*) holandesa.

diluição de substâncias no ambiente aquático, enquanto que as concentrações NEC podem ser descritas através de um valor singelo (i. e., relacionado com um valor único impactante à espécie mais sensível) ou um conjunto de valores para diferentes espécies.

Embora os modelos matemáticos da biota aquática não sejam aplicáveis à biota terrestre, é de se esperar que para ambos ecossistemas a questão dos riscos ecológicos passe por alguns pontos comuns de tangência, a saber:

A primeira etapa desse processo consiste no conhecimento da probabilidade com que uma dada espécie será exposta a um *stress* ambiental. O nível de exposição real é determinado por dois fatores: (1) pela distribuição geográfica do distúrbio e (2) pela distribuição geográfica das espécies.

A segunda etapa está relacionada com a definição da probabilidade com que as espécies serão diretamente afetadas pelo *stress* que as atinge. O efeito real é determinado por dois fatores: (1) intensidade da exposição e (2) sensibilidade da espécie para a exposição. Ambos os valores são calculados com base em distribuições de freqüências. A freqüência de distribuição do fator (1) é calculada na primeira etapa e a freqüência de distribuição do fator (2) é calculada com base em dados de sensibilidade de diferentes espécies.

Na terceira etapa, as conseqüências são definidas como uma probabilidade do sucesso com que populações potenciais das espécies possam se modificar em decorrência da exposição ao *stress* ambiental. A sobrevivência, ou o sucesso na reprodução dos indivíduos das espécies principais é transformado em um coeficiente de reposição, representando a probabilidade com que o indivíduo é reposto no caso de sua morte. As interações entre espécies são também levadas em conta, ou seja, a densidade populacional pode ser influenciada por modificações na disponibilidade de alimentos ou pelas densidades populacionais dos competidores ou predadores, como um resultado dos efeitos toxicológicos.

Para se modelar a vulnerabilidade dos recursos ambientais, especialmente a da biota aquática (da mesma forma também para a flora e fauna terrestres), é necessário, dentre outros aspectos, o conhecimento e mapeamento prévio de todas os recursos ambientais e populações das espécies da flora e da fauna eventualmente presentes no sítio onde ocorrerá o acidente. E também é necessário antes de tudo se formar uma base de dados eco toxicológicos obtidos na literatura, relatórios técnicos, levantamento de campo e pesquisa em laboratório.

Donde se conclui, em suma, que aos riscos ecológicos não se aplicam as Funções de PROBIT descritas pela equação (25), que descreve a relação dose-resposta estabelecida com o modelo de vulnerabilidade de Eisenberg, uma vez que a vulnerabilidade dos recursos ambientais envolve uma modelagem totalmente diversa da de Eisenberg, como acima

explanado. Muito embora, conforme sustentado no trabalho de Schobben e Scholten (1993), prospere o uso da equação (26), ou as tabelas do Gráfico 3.

Dessa forma, como o tratamento desses riscos requer uma modelagem totalmente diversa do risco industrial de processo, o risco ecológico não será objeto do presente trabalho.

# 5 DA METODOLOGIA ESTRUTURADA PARA GRP

O objetivo maior desse item é construir a metodologia do GRP, iniciando com as premissas adotadas, apresentando as atribuições de sua gerência, seguidas do desenvolvimento propriamente dito, focando seus quatro pilares e seu uso entrelaçado.

Segue-se o detalhamento da estrutura por elemento de gestão desdobrada em três tópicos fundamentais: geral, objetivo e desenvolvimento. Esse construto visa sua aplicação em três tipos de Plantas de processo - PPG, PCG e PPPB, buscando, respectivamente, conforme apresentado nos capítulos 6, 7 e 8, obter resultados com a aplicação da metodologia proposta.

## 5.1 PRINCÍPIOS E PREMISSAS

Antes do desenvolvimento da metodologia é necessário se definir premissas que balizem o trabalho. Assim, conforme preconizado pela API RP 750, estabeleceu-se que:

- As Plantas com potencial de proporcionar vazamentos, tenham sido projetadas, construídas e mantidas de modo compatível com as normas usualmente aplicáveis à indústria de petroquímica;

- O GRP seja perenizado como parte integrante das atividades de engenharia, construção, montagem, operação, manutenção, segurança industrial e meio ambiente;
- Haja compromisso visível e formal da Alta Gerência para implantação e implementação do GRP, essencial para que haja sucesso em sua implantação;
- O GRP seja mantido atualizado através de auditorias, para garantir seu desempenho efetivo;
- O GRP seja desenvolvido em prol da redução das paradas das Plantas e, por conseguinte, do aumento de produção e produtividade;
- O GRP abranja todas as fases do Ciclo de Vida das Plantas;
- A Planta possua um sistema gerencial de acompanhamento com definição de responsabilidades pela implementação das recomendações e ações corretivas arroladas como resultado do presente trabalho;
- Haja apropriação formal dos resultados do GRP, através de relatórios em que as expectativas, objetivos e metas da corporação estejam claramente definidos, parte da política de redução de riscos, suplementado por metas e expectativas específicas.

## 5.2 ATRIBUIÇÕES DA ADMINISTRAÇÃO DO GRP

Qualquer processo, nos estágios de sua existência, precisa ter um responsável por sua gestão, fazendo com que as diversas partes interajam e satisfaçam ao objetivo para o qual o processo foi criado. Essa responsabilidade passa pela necessidade de se ter um gestor coadjuvado por um ou mais coordenadores locais para fazer acontecer a implementação do sistema de gestão.

O GRP se enquadra perfeitamente nesse escopo e, portanto, necessita ter um responsável, um coordenador ou um grupo de coordenadores, que o implante, controle e audite, dando continuidade ao seu desenvolvimento e preservando sua integridade. Pode-se adotar uma estrutura que contemple um coordenador geral da implantação, reportando-se ao Gerente Geral da UN e coordenadores locais nas instalações operacionais, aos quais seriam delegadas

atribuições e descentralizadas as atividades para se ter maior velocidade e comprometimento em cada ativo de produção onde o GRP for implantado.

### 5.2.1 **Atribuições gerais**

Nesse aspecto, se faz necessário estabelecer as funções e as atribuições de coordenadores, gerentes, e de todos os atores envolvidos. Segundo sugestão de Esteves e Holanda (1996) baseada em conhecimento prático adquirido em trabalho congênere, pode ser criada a figura de um coordenador geral da implantação do GRP, de modo que o processo seja implantado como parte integrante de todas as atividades da UN. Conforme essa percepção, o coordenador geral necessita ser investido de:

- Independência, para gerenciar o processo e os elementos do GRP;
- Autoridade, para interferir tempestivamente no mesmo, sempre que necessário;
- Poderes, para administrar recursos em favor do processo de implantação;
- Autoridade, para garantir a perenização do sistema como parte integrante de todas as atividades na UN.

Ainda conforme Esteves e Holanda (1996), as atribuições independem da fase em que o GRP se encontrar, seja ela de concepção/desenvolvimento ou de implantação/operacionalização. Assim, aos coordenadores (geral e locais) são então recomendados os seguintes papéis:

- Desenvolver e efetuar implantação e dar manutenção aos vários sistemas de gerenciamento requeridos pela API RP 750;
- Assegurar que a capacitação e outros recursos estejam disponíveis e sejam adequados às tarefas do programa;
- Resolver conflitos inerentes;
- Apresentar relatórios (coordenadores locais) das atividades e dos resultados parciais ao coordenador geral e membros do Comitê do GRP;
- Apresentar relatórios (coordenador geral) das atividades e dos resultados parciais do GRP ao Gerente Geral da UN;
- Supervisionar a implantação e o desenvolvimento do GRP;

- Coordenar e articular com as gerências da UN garantindo a disponibilidade de informações e recursos para a implantação e desenvolvimento do GRP;
- Articular, estabelecer e aprovar (coordenador geral) com o gerente geral os critérios e cronogramas para a implementação, a metodologia de avaliação e a auditoria do GRP.

### 5.2.2 **Atribuições específicas**

São as atribuições que correspondem às ações que o coordenador geral e os coordenadores locais desencadeiam especificamente em cada um dos onze elementos de gestão GRP, articulando-se com as demais Gerências, para a obtenção tempestiva de informações, de modo a definir os tópicos a serem desenvolvidos nos onze elementos de gestão do GRP.

As informações são constituídas basicamente de cópias de procedimentos, normas, melhores práticas, modelos, recomendações, políticas, dados de inventários, etc, que possam contribuir para o desenvolvimento do modelo e reconhecimento do que já existe frente às recomendações da norma API RP 750.

Na metodologia que ora está sendo proposta com o presente trabalho, o coordenador local tem como responsabilidade a concepção, implantação e a continuidade do GRP na Planta, reportando-se diretamente ao coordenador geral. Os coordenadores locais seriam os contatos entre os executores das atividades, que atendem e satisfazem aos elementos de gestão e o coordenador geral, e este por sua vez seria contato com o Gerente Geral da UN.

O Quadro 25 resume as funções e responsabilidades do coordenador geral e dos coordenadores locais, conforme percepções de Esteves e Holanda (1996), e que, preferencialmente, são seguidas de forma seqüencial.

| PAPEL DO COORDENADOR (GERAL E LOCAL) DE GRP |
|---|
| **Reportar à alta administração geral do programa, como também supervisionar o desenvolvimento e a renovação dos vários sistemas de gerenciamento exigidos pela API RP 750. No que toca à implementação, é preciso assegurar que a capacitação e outros recursos estejam disponíveis e sejam adequados às tarefas do programa. Finalmente, à posição do coordenador precisa ser conferida suficiente autonomia para que possa implantar o GRP, resolvendo os conflitos inerentes.** |
| **Responsabilidades**<br><br>As responsabilidades do Coordenador podem ser:<br><br>1. Organizar e montar um conjunto de onze manuais específicos para cada uma das instalações operacionais;<br><br>2. Convocar o Comitê do GRP e as Gerências para a primeira reunião de implantação e as demais que se fizerem necessárias à continuidade do GRP;<br><br>3. Apresentar e formalizar a implementação de cada uma dos elementos de gestão;<br><br>4. Estabelecer metas e prazos para o acompanhamento sistemático da implantação dos elementos;<br><br>5. Gerenciar o Programa de Análise de Riscos de Processo - ARP<br><br>• Gerenciar os protocolos das ARP's;<br>• Promover o treinamento da equipe em APR e/ou HAZOP, outras técnicas de avaliação de riscos e em modelos de cálculo de efeitos físicos;<br>• Estabelecer cronogramas e as equipes de execução das ARP's;<br>• Coordenar a reunião de documentação prévia para revisão das ARP's<br>• Monitorar o acompanhamento progressivo das ARP's.<br><br>6. Compatibilizar todas as mudanças oriundas dos procedimentos de Gerenciamento de Modificações<br><br>7. Assegurar a apreciação periódica e revisão das práticas de trabalho seguro, procedimentos de operação e de emergência<br><br>8. Compatibilizar todas as avaliações globais de segurança nas atividades de pré-operação incluindo a verificação de:<br><br>• Itens de mitigação oriundos da ARP;<br>• Manuais de operação que estejam completos (operação normal, partida, parada e resposta à emergência);<br>• Treinamento dos operadores.<br><br>9. Monitorar o processo das ações tomadas em caso de acidentes<br><br>10. Conduzir auditorias periódicas do Programa de GRP<br><br>11. Apresentar relatórios das atividades e fases do GRP para facilitar o gerente ou o Comitê de SMS<br><br>12. Articular os itens do Programa de GRP com as áreas envolvidas |

**Quadro 25** - Papel e responsabilidades do coordenador de GRP
Fonte: Esteves e Holanda (1996).

### 5.2.3 Do comitê de gestão do GRP

À medida que o GRP for sendo implantado nas Plantas, muitas de suas necessidades precisam ser atendidas por outras Gerências de uma das "UN's" da Empresa "E", cuja finalidade principal é lhes prestar suporte. Assim, é necessário se estabelecer um engajamento

formal das Gerências da estrutura funcional da UN, para que atendam tempestivamente as demandas no processo de implantação. A participação dessas Gerências é fundamental para a concretização do processo.

Como forma de sinergia e interação entre os Coordenadores e as Gerências de suporte técnico, formula-se um Comitê de Gestão do GRP, composto, por exemplo, das seguintes áreas:

- Coordenador Geral de Implantação do GRP na “UN”;
- Coordenador Local de Implantação do GRP do Ativo de Produção “X”;
- Coordenador Local de Implantação do GRP do Ativo de Produção “Y”;
- Coordenador Local de Implantação do GRP do Ativo de Produção “Z”[73];
- Gerente de Engenharia Industrial e Automação;
- Gerente de Engenharia de Detalhamento, Construção e Montagem;
- Gerente de Apoio Operacional;
- Gerência de Planejamento e Controle de Produção.

As Gerências, membros do Comitê, tem suas atribuições já definidas organizacionalmente, e são as seguintes:

À Gerência de Engenharia Industrial e Automação cabe prestar serviços de engenharia relativos às atividades de processamento de fluidos, estruturas, civil, utilidades, automação industrial e gerir o conhecimento tecnológico nessas áreas, com as atribuições de:

- Elaborar projetos conceituais, básicos, bases de projeto e estudos técnicos;
- Coordenar tecnicamente a UN nas suas especialidades;
- Analisar o desempenho dos sistemas de processamento de fluidos, propondo melhorias e otimização do uso dos mesmos;
- Prestar consultoria;
- Assessorar na execução de auditorias técnicas;
- Assessorar a Gerência de Planejamento e Controle de Produção elaborar estudos de viabilidade técnica e econômica e bases de projeto;
- Definir diretrizes quanto à utilização de insumos básicos e produtos químicos.

À Gerência de Engenharia de Detalhamento, Construção e Montagem cabe:

---

73 Como visto no item 2.7.2 - Escolha das Plantas petroquímicas com base nos critérios, as Plantas de processo “PPG”, “PCG” e “PPPB”de propriedade da Empresa “E” estão alocadas num dos Ativos de Produção “X” da Unidade de Negócios “UN”, estão em um mesmo complexo petroquímico localizado em um estado da Federação. As siglas “UN”, “E”, “X”, “Y” e “Z” foram atribuídos no presente trabalho para preservar os interesses da Empresa.

- Elaborar projetos de detalhamento civil, elétrico, mecânico, caldeiraria, automação industrial e instrumentação;
- Acompanhar a pré-operação de projetos de automação industrial e de novas Plantas;
- Programar a aquisição de material para os projetos;
- Programar a contratação de serviços de terceiros para detalhamento de projetos, construção e montagem;
- Elaborar estudos de engenharia de detalhamento.

À Gerência de Apoio Operacional compete:

- Promover o desenvolvimento das atividades de Saúde Ocupacional e participar dos programas de Higiene Industrial;
- Assessorar as Gerências na elaboração dos planos de treinamento e de desenvolvimento;
- Prestar apoio de modo geral, quanto às demais necessidades da força de trabalho que atua na área administrativa.

## 5.3 DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA ESTRUTURADA DO GRP

### 5.3.1 **Detalhamento dos quatro pilares**

Como visto anteriormente no item 2.5 - Descrição simplificada e definição dos referenciais adotados no desenvolvimento da metodologia de GRP, a metodologia utilizada para a elaboração da estrutura do GRP nos onze elementos de gestão faz uso das seguintes pilares:

- Primeiro pilar: API RP 750;
- Segundo pilar: Fluxograma de Encadeamento Lógico;
- Terceiro pilar: Diagrama FAST;
- Quarto pilar: Diagrama de Atividades.

Para cada uma dos onze elementos de gestão é então desenvolvido uma metodologia específica, incluindo os textos descritivos das funções e sua representação em forma de figura, juntamente com o Diagrama de Atividades.

#### 5.3.1.1 O primeiro pilar - API RP 750

Desdobradas ao nível operacional, as atribuições do coordenador geral e dos coordenadores locais, cada um no seu nível de competência, contemplam de forma específica cada um dos onze elementos de gestão e a verificação do que existe em cada Planta quando comparado com as recomendações da API RP 750. Essa verificação abrangerá, mas não se limitará aos seguintes tópicos do primeiro pilar mencionado no item 2.5 - Descrição simplificada e definição dos referenciais adotados no desenvolvimento da metodologia de Gerenciamento de Riscos de Processo (GRP):

Informações sobre segurança de processo:

- Método estruturado para coleta, atualização e compilação de Informações sobre os Projetos de processo e mecânico;
- Listagem dos parâmetros operacionais críticos (pressão, vazão, temperatura, nível, etc.) cujos desvios possam resultar em perdas de inventário de material perigoso;
- Dispositivos de proteção, indicadores, alarmes e inter-travamentos associados a um dado parâmetro operacional crítico; Método estruturado para coleta e organização das informações sobre os perigos (toxicidade, limites, dados físico-químicos, etc.) dos materiais/produtos (FISPQ's);
- Recomendações das FISPQ's.

Análise de riscos de processo (ARP):

- Força de trabalho treinada nas técnicas de APR e HAZOP;
- Realização de ARP's;
- Processo estabelecido para avaliações periódicas dos riscos de processo, quais os critérios e metodologia.

Gerenciamento de modificações:

- Filosofias de manutenção, com procedimentos adequados embutidos para reavaliação global da segurança, ou seja, um sistema que distinga entre as modificações da manutenção normal e daquelas em virtude de alteração de grande porte e se, por outro lado, modificações de pequeno porte são feitas a título de manutenção;
- Listagem das modificações consideradas de grande porte, decorrentes de evoluções tecnológicas e por modificações mecânicas;
- Processo formal para gerenciar modificações;

- Mecanismos utilizados para identificar as modificações.

Procedimentos de operação:

- Existência de procedimentos de operação formalizados em cada Planta;
- Descrição resumida do conteúdo e abrangência dos procedimentos de operação, por tópicos ou assunto, p. ex., segurança, limites, aplicabilidade, controles, etc;
- Critérios para revisão das informações sobre os procedimentos.

Práticas de trabalho seguro:

- Práticas de trabalho seguro utilizadas;
- Modelos existentes para Permissões de Trabalho;
- Procedimentos para preenchimento das Permissões de Trabalho;
- Relação dos inventários de todas os insumos básicos (catalisadores, aditivos, produtos químicos para tratamento, etc.) que possam afetar o processo;
- Procedimentos de manuseio destes produtos.

Treinamento

- Política para treinar e qualificar a força de trabalho da operação;
- Conteúdo da política (reciclagem, após modificações, treinamento em sala, etc.);
- Conteúdo programático dos módulos de treinamento.

Garantia da qualidade e integridade mecânica de equipamentos críticos:

- Programas de qualidade e integridade mecânica de equipamentos, durante seu projeto, construção, montagem, instalação;
- Programas indicando quais os parâmetros de qualidade utilizados;
- Treinamento formalizado sobre manutenção para a força de trabalho envolvida;
- Métodos de inspeção e teste dos equipamentos, com freqüências, tipos de inspeção e teste, limites aplicáveis, e critérios de aceitação para os equipamentos e sistemas críticos como vasos de pressão, tanques de armazenagem, tubulações críticas de processo, sistemas de alívio e proteção, sistemas de emergência e *shutdowns*, controles críticos, alarmes e inter-travamentos, discos de ruptura, proteção catódica, aterramento, fundos de tanque, corta chamas/*vents*, detectores de chama e dispositivos de monitoramento, tubos de trocadores de calor e tubulações enterradas.

Revisão de segurança na pré-operação:

- Recomendações com relação às revisões de segurança de pré-operação de Plantas novas e das que sofrerão modificações;
- Relação dos itens abordados nas revisões;

- Existência de treinamento para a força de trabalho da operação.

Controle e resposta a emergência:

- Informar se as Plantas possuem planos de ação de controle e resposta a emergência e se estão atualizados;
- Relatar qual a metodologia atual para notificação de situações de emergência;
- Informar se existem centros de controle e resposta a emergência em alguma Planta.

Investigação de acidentes relacionados com o processo:

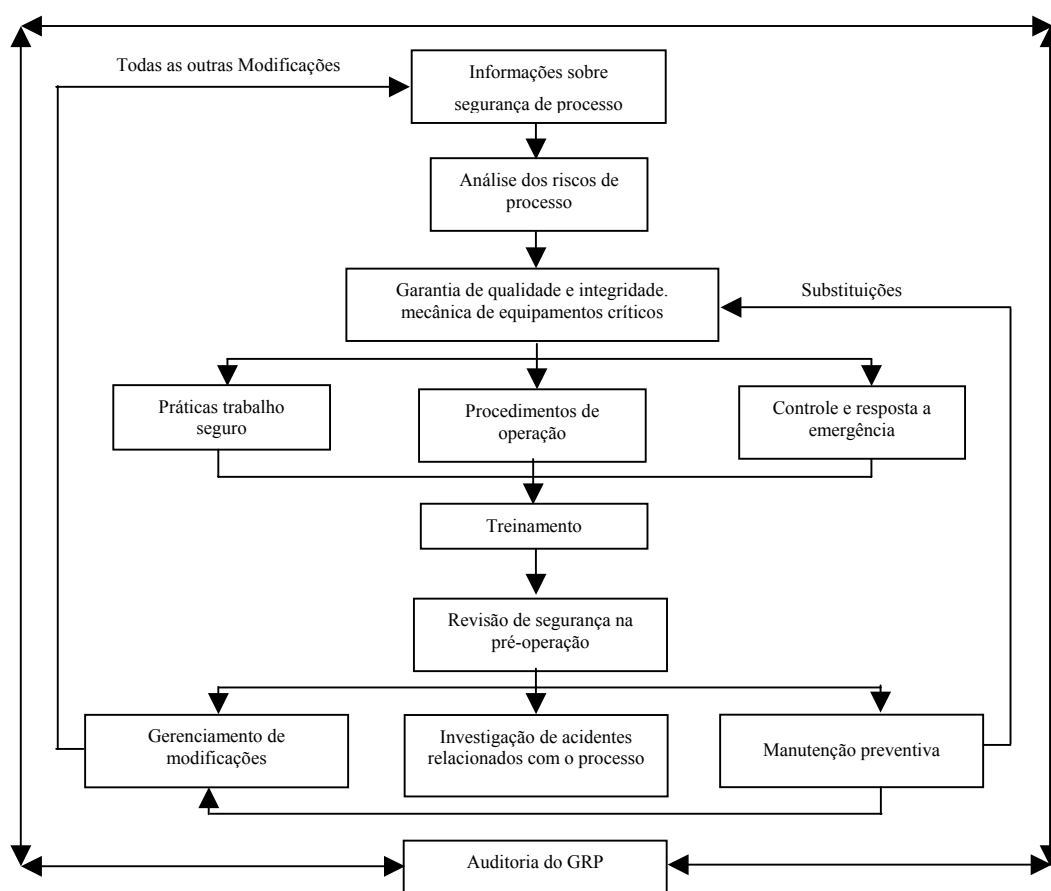
- Fornecer resumidamente os atuais procedimentos com relação a acidentes: comunicação, investigação, providências, divulgação e relatórios.

Auditoria do sistema de GRP:

- Informar se existe um processo estabelecido de avaliação periódica relacionada a assuntos de segurança;
- Enviar informações resumidas sobre o processo;
- Informar quem são os responsáveis pela administração do mesmo.

#### 5.3.1.2 O segundo pilar - Fluxograma de encadeamento lógico

O GRP ora apresentado inclui a definição de necessidades específicas, papéis individuais, responsabilidades e meios para sua atualização e auditagem. Uma vez que a estrutura formal do programa esteja estabelecida, e definidos seus recursos, o coordenador desenvolve planos de ação para sua implementação. Como visto anteriormente no item 5.2.2 - Atribuições específicas, muitos elementos do GRP estão relacionados entre si e dependem de outros elementos para serem implementados.

O Fluxograma 11 mostra o Fluxograma de Encadeamento Lógico proposto para ser adotado no presente trabalho contendo o encadeamento lógico dos elementos de gestão para implementação da API RP 750, tomando por base a percepção de Esteves e Holanda (1996), evidenciando a relação entre os mesmos. O fluxograma apresenta as etapas para colocar o programa em marcha numa Planta de grande porte, pois alguns itens, como por exemplo, revisão de segurança na pré-operação, são aplicáveis tanto em plantas de processo novas como em modificadas.

**Floxograma 11** - Fluxograma de encadeamento lógico do GRP.
Fonte: Esteves e Holanda (1996).

Deve ser ressaltado que um sistema de GRP, cujo encadeamento lógico é mostrado no Fluxograma 11, pode ter sua implantação iniciada por qualquer elemento de gestão, a depender, por exemplo, do estágio em que se encontra o projeto de uma Planta de processo nova, das informações disponíveis na Planta existente, da cultura organizacional existente na empresa, da disponibilidade financeira, da força de trabalho, do engajamento e da participação das gerências intermediárias, etc.

A experiência tem mostrado, conforme sugerido por Ozog e Stickles (1993), que quando se trata de uma Planta de processo existente de grande porte, o GRP pode ser iniciado, por exemplo, com o gerenciamento de modificações, pois se trata de um item crítico no sistema de gestão, pela cultura enraizada em plantas de processo de serem promovidas modificações nas instalações sem o devido respaldo prévio de análises de riscos acerca das modificações e de seus impactos no restante do processo. Porém há vantagens e desvantagens de se começar o GRP por esse elemento de gestão, pelo descompasso que isso pode acarretar

na implementação dos demais elementos de gestão, sobretudo nas Análises de riscos de processo (ARP's).

Nesse caso, os próprios fluxogramas de engenharia podem ser utilizados, desde que devidamente atualizados, para compor e priorizar a implementação dos tópicos que necessitem desenvolvimento. A primeira etapa consiste em desenvolver um projeto de processamento em conjunto com os dados do projeto básico e a ARP pode ser realizada com o projeto na fase do detalhamento. Todavia, a adoção dessa prática pode acarretar mais adiante em revisões em diferentes estágios do projeto.

Uma outra etapa é assegurar a qualidade e a integridade mecânica de equipamentos críticos. Nesse ponto, o cuidado é focado no controle de qualidade do equipamento durante o projeto, fabricação e instalação.

A medida em que a Planta nova tem sua montagem eletro-mecânica completada, procedimentos de operação e de resposta a emergências precisam ser elaborados, assim como as práticas para gerenciamento de riscos. Após terem sido estabelecidos, os operadores necessitam serem treinados. Antes da operação de um equipamento, uma revisão geral é realizada.

Os demais elementos ocorrem depois da partida da Planta. Quaisquer modificações no processo necessitam passar por uma completa reavaliação. Em Plantas de grande porte, é melhor atualizar as informações decorrentes da avaliação dos riscos de processo, do que deixar os problemas acontecerem na fase de operação, acarretando problemas inevitáveis de manutenção. Nesta fase de assegurar a qualidade e integridade mecânica de equipamentos críticos, é usual incluir também o controle de qualidade dos materiais utilizados nas atividades de manutenção, testes e inspeção.

Qualquer equipamento novo comprado necessita de uma retro-alimentação no programa de controle de qualidade e tem como conseqüência resultados para programas de manutenção preventiva. Quaisquer acidentes precisam também ser investigados e serem feitas mudanças necessárias no processo, ou nos procedimentos para prevenir sua reincidência. Essas modificações são implementadas via elemento de gestão que trata do gerenciamento de modificações. O item final é o de auditoria dos outros onze. Ele é o último item porque o programa completo não é passível de se ser submetido a uma auditoria enquanto todos os demais não forem implementados.

#### 5.3.1.3 O terceiro pilar - Diagrama FAST

Segundo Bazarra (2003), o Diagrama FAST (*Function Analysis System Technique*) é uma Técnica Sistemática de Análise de Funções, para analisar a estrutura funcional de um sistema tecnológico. Pode servir como uma tática útil para qualquer estratégia sistemática de modelagem de sistemas. A técnica FAST foi concebida por Charles W. Bytheway em 1965, como uma forma de organizar sistematicamente e representar as relações funcionais de um sistema tecnológico. É uma técnica que usa o raciocínio lógico na modelagem de funções e apresenta visualmente o relacionamento entre funções desempenhadas por um produto, serviço ou sistema. As etapas do raciocínio são representadas por funções (básica e derivadas) compostas preferencialmente de um verbo e um substantivo, e descritas no texto com um formato próprio, além da representação gráfica em forma de figura. Exemplos de Diagramas FAST desenvolvidos especificamente para este trabalho são mostrados no Anexo A.

A análise funcional se leva a cabo em 5 fases:

- Listagem das funções;
- Organização;
- Caracterização;
- Ordenação hierárquica;
- Avaliação.

A função expressa como um "verbo-sustantivo" era um conceito fundamental da engenharia de valor, até o desenvolvimento do Diagrama FAST. O conceito de função serviu unicamente para enfocar a atenção em aspectos funcionais do produto e para ajudar na diferenciação entre suas funções básicas e secundarias. Isso divide o produto em elementos manejáveis para serem tratados separadamente. No FAST as funções do sistema são identificadas e desenhadas graficamente mediante a aplicação das perguntas "como?" e "por que?".

Para elaborar um Diagrama FAST para um sistema, todas as funções conhecidas que podem ser associadas com o sistema tecnológico são identificadas. As funções precisam ser uma combinação de verbo e substantivo. O verbo é transitivo direto (por exemplo, rodar, mover, controlar, dirigir, etc.) com objetivo de designar a operação que é executada. Verbos na sua forma transitiva indireta (por exemplo, é convertido, etc.) não se recomenda serem usados. O verbo descreve os efeitos físicos que tomam lugar dentro do sistema.

O substantivo é descritivo e genérico; é o operador sobre o qual a função toma lugar. Esse substantivo pode ser convenientemente identificado como forma de material, energia, informação, abstração (ou realidade).

Nomes e descrições específicas são evitados. Adjetivos e advérbios não são usados pela mesma razão. As funções são classificadas em funções básicas e derivadas (funções de suporte). As funções básicas são as que fazem o sistema existir. As funções secundárias são todas as demais que são parte do sistema e dão apoio à função básica.

Se o sistema está completamente definido e se alguma das funções originalmente proposta não foi usada, a descrição do sistema é reexaminada para ver se algo não foi omitido, ou se a função simulada não foi desnecessária.

#### 5.3.1.4 O quarto pilar - Diagrama de Atividades

Conforme Boaventura e Felthes Neto (2002), um Diagrama de Atividades mostra o fluxo de atividades dentro de um sistema, apresentando a lógica que ocorre em resposta a ações desencadeadas internamente. Nele, quase tudo ou a maioria dos estados é estado de ação e a maioria das transições é ativada por conclusão de ações nos estados precedentes.

Um Diagrama de Atividades se reporta a uma determinada classe ou caso de uso, mostrando os passos necessários para o desencadeamento de determinada operação. Endereça a visão dinâmica de um sistema. É importante para modelagem de uma função de um sistema e focaliza o fluxo de controle entre objetos e ações.

É uma variação do diagrama de estado, mas possui o propósito um pouco diferente, qual seja o de capturar ações (trabalho e atividades que serão executados) e seus resultados em termos das mudanças de estados dos objetos. Os estados no diagrama de atividade mudam para um próximo estágio quando uma ação é executada (sem ser necessário especificar nenhum evento como no diagrama de estado).

Um Diagrama de Atividades é uma maneira alternativa de se mostrar interações, com a possibilidade de expressar como as ações são executadas, o que elas fazem (mudanças dos estados dos objetos), quando elas são executadas (seqüência das ações), e onde elas acontecem.

Um Diagrama de Atividades pode ser usado com diferentes propósitos, inclusive:

- Capturar o funcionamento interno em um objeto;
- Capturar os trabalhos (ações) que serão desempenhados quando uma operação é executada. Este é o uso mais comum;

- Mostrar como pode ser executado um grupo de ações relacionadas e como elas vão afetar os objetos ao redor;
- Mostrar como uma instância pode ser executada em termos de ações e mudanças de estados de objetos;
- Mostrar como um processo de negócio funciona em termos de atores, fluxos de trabalho, organização, e objetos.

Ele apresenta um fluxo seqüencial das atividades, e é normalmente utilizado para demonstrar as atividades executadas por uma operação específica de um sistema, isto é, indica as regras essenciais de seqüência que necessitam serem seguidas – essência fundamental para diferenciar um diagrama de atividade de um fluxograma.

Segundo Boaventura e Felthes Neto (2002), graficamente, o Diagrama de Atividades é um gráfico composto por nós e vértices. Eles são utilizados para:

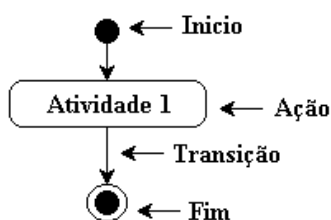
- Modelar uma função ou operação;
- Modelar um fluxo de trabalho.

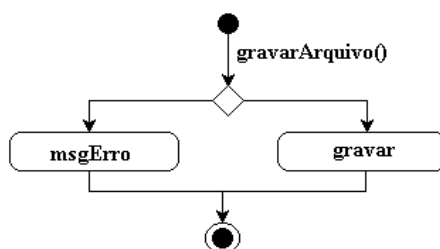
Normalmente, esse diagrama é composto por:

- Estados de atividades e estados de ações;
- Transições;
- Objetos.

Para modelar uma função da aplicação (ou uma operação) usando diagrama de estados é necessário:

- Identificar os conceitos que estão envolvidos com esta função. Isto inclui os parâmetros da função e os atributos das classes que está associada à função. Os conceitos envolvidos com a função são denominados de "operandos";
- Identificar as "pré-condições" no estado inicial da função e as "pós-condições" no seu estado final. Identificar também os "invariantes", isto é, as condições que permanecem constantes durante a realização das atividades;
- Começar identificando as atividades iniciais que o sistema realiza para a função que está sendo modelada. Representar cada atividade que o sistema desempenha como um estado de atividade, se ela puder ser decomposta;
- Usar a decisão, se necessário, para especificar caminhos alternativos e repetições;
- Usar bifurcação e junção, se necessário, para especificar fluxos de controles paralelos (atividades simultâneas).

A representação gráfica no diagrama de atividade começa com o ponto inicial que é representado por um pequeno círculo sólido e o ponto final é representado por um círculo maior com um círculo menor sólido dentro, conforme mostrado no Fluxograma 12. As ações são desenhadas como retângulos e com a respectiva descrição na parte interna. As transições entre ações são representadas por uma seta, onde freqüentemente nada é especificado indicando que a transição será disparada assim que todas as atividades nesta ação tenham sido executadas.

**Fluxograma 12** - Representação gráfica do Diagrama de Atividades
Fonte: Boaventura e Felthes Neto (2002).

A decisão é uma transição seqüencial entre os estados e nem sempre ocorre por um caminho único. Caminhos alternativos são representados por uma decisão. No diagrama a <u>decisão</u> (grifo nosso) é representada por um losango conectando linhas que representam as transições. No diagrama, uma expressão lógica pode ser acrescentada para indicar em quais condições cada caminho pode ser seguido, pode ser contemplada no Fluxograma 13.

**Fluxograma 13** - Losango de decisão no Diagrama de Atividades
Fonte: Boaventura e Felthes Neto (2002).

Encerrando, o ponto forte do Diagrama de Atividades reside no fato de suportar e encorajar comportamento paralelo tornando-se uma boa técnica para a modelagem do fluxo de trabalho e multi-processamento. Como ponto fraco, todavia, segundo Boaventura e Felthes Neto (2002), os diagramas de atividades não fazem conexões entre ações e objetos de maneira clara. Mas, como no presente trabalho não há situações em que essa limitação possa prosperar, e, ademais, como essas limitações não estão sendo o foco do mesmo, elas não são aqui tratadas.

São então indicadas as seguintes situações uso dos Diagrama de Atividades:

- Compreensão de fluxo de trabalho entre vários casos de uso: quando casos de uso interagem entre si, o Diagrama de Atividades é uma técnica interessante para representar e facilitar a compreensão de comportamento.
- Análise de caso de uso: nesse estágio, não há interesse em designar ações aos objetos. Há somente a necessidade de se compreender quais ações precisam ser realizadas e quais são as dependências comportamentais. Alocam operações a objetos mais adiante e mostra tais alocações com diagramas de interação.

## 5.4 DETALHAMENTO DA METODOLOGIA ESTRUTURADA DO GRP POR ELEMENTO DE GESTÃO

O presente trabalho contempla, neste momento, o enfoque de um sistema de gestão, deixando de ser abordado os aspectos da aplicação e dos resultados que podem ser obtidos com os referidos sistemas, para um momento posterior, num estágio mais avançado de pesquisa.

Dessa forma, os questionários para fazer o diagnóstico das Plantas de processo PPG/ORION, PCG/AQUILA e PPPB/DÆDALUS tiveram seus escopos delimitados somente ao que diz respeito ao conteúdo e detalhamento dos onze elementos de gestão utilizados no primeiro pilar. Não se entrou no mérito, por exemplo, da avaliação, nem qualitativa nem quantitativa, de como e quanto os resultados obtidos na pesquisa se desviaram do que é prescrito na API RP 750.

Conforme experiências anteriores vivenciadas com processos de gerenciamento de riscos, Lebarbenchon, Simplício, Esteves, Holanda e Silva (1997) desenvolveram um tipo de estrutura utilizando combinações de um dos referenciais técnicos existentes para Gestão de

Riscos de Processo (API RP 750) com ferramentas de GEQ (Fluxograma de Encadeamento Lógico, Diagrama FAST e Diagrama de Atividades), todos consagrados e de amplo domínio público internacional, conforme anteriormente demonstrado ao longo do presente trabalho, quando foram apresentados os quatro pilares, que acabou por representar um importante marco possibilitando servir de referencial técnico e de alicerce à presente metodologia que ora se apresenta.

Esta metodologia que pode ser contemplada nos itens 5.4.1 a 5.4.11, foi estruturada de forma similar ao alicerce anteriormente citado, onde foram introduzidas modificações, simplificações, adaptações e atualizações, onde aplicáveis, para poder ser utilizada no contexto presente, focada especificamente para esta pesquisa.

O construto das funções básicas e derivadas foi feito mediante leitura, compilação, tradução, interpretações exatas e fiéis do conteúdo de cada elemento da API RP 750, transformando essa leitura em Diagramas FAST e Diagramas de Atividades de cada elemento de gestão.

Todavia, antes de ser consolidada neste trabalho, essa leitura e compilação, fruto da percepção inicial do autor, necessitaram ser debatidas, aceitas e internalizadas pela Empresa "E", nas áreas gerenciais e nos níveis hierárquicos correlatos a cada elemento de gestão. Foi necessário também haver interação entre o autor e a Empresa "E", para se fazer o mapeamento de todos os processos e processamentos das Plantas em tela, permitindo se corrigir desvios entre o desenho inicial da metodologia estruturada inicialmente pelo autor e a realidade empresarial que estava sendo praticada no momento da pesquisa.

Como essência e propósito dos referidos Diagramas, as estruturas adiante apresentadas foram então elaboradas, testadas e validadas no seu construto junto à empresa "E", e podem ser entendidas como o conjunto formado de uma função básica e várias funções derivadas que indicam o que fazer, como fazer e com quem fazer, para se estabelecer o processo de gestão de cada um dos elementos e gestão e atingir o objetivo proposto.

Os fluxogramas dos Diagramas FAST e dos Diagramas de Atividades produzidos para cada elemento de gestão do GRP encontram-se apresentados no Anexo A, em ordem crescente do número 14 ao 35 e devidamente contextualizados.

O objetivo de se construir esses diagramas foi transformá-los em questionários apresentados nos Quadros de números 36 a 46, constantes do Anexo B, para serem aplicados nas Plantas de processo PPG/ORION, PCG/AQUILA e PPPB/DÆDALUS, selecionadas conforme explanado no item 2.7.2 - Escolha das Plantas petroquímicas com base nos critérios.

Os resultados da aplicação desses questionários serão apresentados adiante nos Capítulos 6, 7 e 8, respectivamente, para cada uma dessas Plantas.

Deve se esclarecido que os questionários que serão produzidos não buscam estabelecer critérios mínimos (*insights*), referências mínimas de qualidade ou balizamento para que o corpo gerencial da empresa "E" possa avaliar os resultados produzidos com a sua aplicação. Eles devem ser entendidos como ferramentas para se alcançar o objetivo final que foi o de tentar buscar evidências que, independentemente da Planta considerada, a metodologia poderia ser então replicada nas Plantas focalizadas neste trabalho.

Essa constatação dar-se-á mediante análise qualitativa comparativa confrontando as respostas dos questionários com os requisitos de cada elemento de gestão. Dessa forma, não foi considerado necessário haver o estabelecimento de um protocolo formal de auditoria para se estabelecer o diagnóstico inicial e os resultados da aplicação desses questionários serão apresentados adiante nos capítulos 6, 7 e 8.

Um outro aspecto que deve ser mencionado é que os sub-itens de 5.4.1 a 5.4.11, que tratam dos onze elementos de gestão, tiveram a estrutura da metodologia sub-dividida em itens e sub-itens até ao quarto nível, conforme preconizam as técnicas do Diagrama FAST e Diagrama de Atividades, justificando uma numeração diferenciada da seqüência dos capítulos adotada no presente trabalho.

### 5.4.1 **Informações sobre segurança de processo**

#### 5.4.1.1 Introdução

Conforme requer o item 2.1 da API RP 750, é necessário desenvolver e manter na Planta uma compilação de informações sobre segurança de processo, para prover os fundamentos para a identificação e o entendimento dos riscos envolvidos no processo, incluindo informações sobre o projeto mecânico e de processamento, propriedades dos produtos processados e manuseados, riscos à segurança, para analisar e gerenciar riscos.

#### 5.4.1.2 Objetivo

Conforme item 2.1 da API RP 750, é necessário se coletar, compilar e atualizar informações sobre segurança de processo: projeto de processamento, projeto mecânico e perigos de todos os produtos, substâncias e materiais utilizados no processamento.

5.4.1.3 Desenvolvimento da estrutura

Função básica:

- 1 - Buscar, compilar e atualizar informações existentes na Planta.

Funções derivadas:

1.1 - Buscar as informações;

1.2 - Organizar seu recebimento;

1.3 - Atualizar registros;

1.4 - Produzir informações faltantes.

1.1 - Buscar as informações.

Compreender os requisitos do referencial técnico da API e verificar quais são as informações existentes na Planta. Funções derivadas:

1.1.1 - Anotar requisitos;

1.1.2 - Obter informações.

1.1.1 - Anotar requisitos.

Anotar as informações que comporão o projeto de processamento e projeto mecânico, bem como perigos de produtos, substâncias e materiais utilizados no processo. Funções derivadas:

1.1.1.1 - Analisar conteúdo mínimo das informações;

1.1.1.2 - Identificar produtos, etc., utilizados.

1.1.1.1 – Analisar conteúdo mínimo de informações.

- Informações do projeto de processamento, conforme item 2.2 da API RP 750:
  - ◇ Fluxogramas de processo, diagramas de blocos, plantas de classificação de áreas, memorial descritivo do processo, balanços de material e de energia, arranjos básicos

de equipamentos de processo e linhas principais, *layout* e plantas de locação dos equipamentos de processo, plantas de situação da Planta de processo e da área ao seu redor, inventários máximos processados, limites máximo e mínimo de parâmetros de processo (pressão, temperatura, nível, vazão, composição, etc.);

- ◇ Folhas de dados dos equipamentos de processo;
- ◇ Diagramas lógico e funcional indicando a lógica e atuação de inter-travamentos, malhas de controle, alarmes etc., associados a parâmetros operacionais críticos.

- Informações do projeto mecânico, conforme item 2.3 da API RP 750:
  - ◇ Fluxogramas de engenharia, listas de linhas e de isolamentos térmicos, folhas de especificação de equipamentos estáticos, rotativos e alternativos de impulsionamento de fluidos, vasos de pressão, tanques de armazenamento, trocadores de calor, fornos e fornalhas, especificação dos materiais de tubulação (*pipe spec*), especificações dos materiais construtivos usados nos equipamentos de processo (ASTM, AISI, etc.), catálogo mecânico, memorial descritivo do projeto dos sistemas de alívio e de despressurização, memorial descritivo dos sistemas de parada e inter-travamento e normas, códigos de construção e padrões de engenharia utilizados no projeto (ASTM, ASME, IEEE, DIN, AFNOR, JIS, ABNT, etc.).
- Informações sobre os perigos dos produtos, substâncias e materiais
  - ◇ Propriedades físico-químicas e termodinâmicas, toxicidades, limites inferior e superior de inflamabibilidade (LII e LSI), limites de exposição e de tolerância permitidos, reatividade, corrosividade, estabilidade química, efeitos cumulativos e perigosos de mistura de produtos.

1.1.1.2 -Identificar produtos, etc., utilizados.

Realizar o levantamento e cadastrar denominação comercial e técnica de todos os produtos.

1.1.2 - Obter informações.

Conseguir e compilar informações complementares sobre os referidos projetos. Funções derivadas:

1.1.2.1 - Verificar informações existentes na Planta;

1.1.2.2 - Consultar Gerências da UN-Sede.

1.1.2.1 - Verificar informações existentes na Planta.

Verificar, identificar e selecionar as informações no servidor, arquivos, etc.

1.1.2.2 - Consultar Gerências da UN-Sede.

Consultar e solicitar formalmente as informações às Gerências de Suporte Técnico, Documentação e Engenharia de Construções, na Sede da UN, cuja atribuição é prestar informações e serviços às Plantas.

1.2 - Organizar seu recebimento.

Registrar e arquivar informações conseguidas na Planta e recebidas das Gerências da UN-Sede. Funções derivadas:

1.2.1 - Estabelecer arquivamento;

1.2.2 - Registrar em mapas de controle.

1.2.1 - Estabelecer arquivamento.

Selecionar, estabelecer plano de arquivo e identificar o melhor meio para guardar informações: arquivos eletrônicos no servidor da UN, pastas, mapotecas, etc., identificando conteúdo.

1.2.2 - Registrar em mapas de controle.

Registrar em mapas de controle as informações de segurança de processo para histórico e controle, indicando: título, data do registro, número e data da revisão, responsável pelo controle.

1.3 - Atualizar registros.

Havendo modificações no projeto de processamento ou mecânico, periculosidade dos produtos, etc., atualizar registros. Funções derivadas:

1.3.1 - Analisar as informações disponibilizadas;

1.3.2 - Arquivar versão mais atual.

1.3.1 - Analisar as informações disponibilizadas.

Confrontar as informações disponibilizadas com os registros de controle existentes, verificando numerações das plantas e datas nos documentos.

1.3.2 - Arquivar versão mais atual.

Arquivar versão mais atual das informações disponibilizadas, substituindo e destruindo as desatualizadas.

1.4 - Produzir informações faltantes.

Produzir informações de segurança de processo acima descritas, onde elas não mais existirem na Planta, utilizando o item 1.1.1.1 como referencial. Funções derivadas:

1.4.1 - Produzir informações na própria Planta;

1.4.2 - Produzir informações nas Gerências da UN-Sede.

1.4.1 - Produzir informações na própria Planta

Coletar dados as informações p. ex., descrição de processo e seqüência de determinadas operações, utilização de novos insumos, realizar diagrama de blocos, registrar melhorias no Manual de Operações da Planta, anotar *as builts*[74] de modificações feitas na Planta e anotar na documentação *master*[75] para posterior informação às Gerências da UN-Sede para incorporação, atualização e detalhamento, etc. e desenvolvê-las com equipe da própria Planta.

1.4.2 - Produzir informações nas Gerências da UN-Sede

Solicitar às Gerências da UN-Sede a produção das informações que não puderam ser feitas na Planta. Caso não seja possível produzi-las, essas Gerências irão alocar recursos ou contratar cadastramento *as buit* a ser feito na área operacional da Planta, em fluxogramas de engenharia, plantas de tubulação, isométricos, etc., tanto do projeto de processamento como do projeto mecânico.

O Diagrama FAST para o elemento de Gestão de Informações sobre segurança e processo pode ser observado nos Fluxogramas 14 e partir dele construiu-se o Diagrama de Atividades correspondente, mostrado no Fluxograma a 15. Ambos estão no Anexo A.

### 5.4.2 **Análise de riscos de processo (ARP)**

---

[74] Conforme construído.

[75] Cópia mestra na qual são vão sendo incorporadas as mais novas modificações e, quando julgado necessário, é consolidada e revisada para uma revisão mais atual.

5.4.2.1 Introdução

Conforme requer a API RP 750, item 3.1, é necessário analisar os riscos de processo de Plantas onde esse referencial é aplicável.

5.4.2.2 Objetivo

Conforme o item 3.1 da API 750, o objetivo é analisar riscos de processo para minimizar a freqüência de ocorrência e as conseqüências de vazamentos de produtos perigosos, mediante identificação, avaliação e controle dos eventos que possam levar aos vazamentos de matéria e /ou energia.

5.4.2.3 Desenvolvimento da estrutura

Função básica:

- Realizar Análises de riscos de processo.

Funções derivadas:

1.1 - Priorizar as Plantas de processo (para análises iniciais, conforme item 3.3 da API 750);

1.2 - Utilizar técnicas de ARP (para análises iniciais, conforme item 3.3 da API 750);

1.3 - Avaliar medidas mitigadoras propostas (para análises iniciais, conforme item 3.3 da API 750);

1.4 - Realizar auditoria de efetividade da implementação das medidas mitigadoras (para análises iniciais, conforme itens 3.3 e 3.6 da API 750);

1.5 - Atualizar ARP's iniciais realizadas (para análises periódicas, conforme item 3.4 da API 750).

1.1 - Priorizar as Plantas de processo

Estabelecer, mediante critérios, que Plantas de processo serão priorizadas para realização de ARP's iniciais. Funções derivadas:

1.1.1 - Analisar características de Plantas existentes;

1.1.2 - Analisar características de processos novos ou Plantas novas;

1.1.3 - Pesquisar dados para priorização.

1.1.1 - Analisar características das Plantas existentes

Definir critérios de priorização para analisar as Plantas existentes, levando em conta o que reza no item 3.3.1 da API RP 750:

- Alto valor do *Substance Hazard Index* (SHI) ou grande inventário de substâncias tóxicas, inflamáveis ou explosivas, conforme definido no *Appendix C* desse referencial;
- Proximidade a áreas densamente povoadas ou em Plantas de processo em que grande quantidade de operadores esteja presente;
- Complexidade do processo, incluindo reações fortemente exotérmicas ou reações secundárias;
- Condições severas de operação, tias como, altas temperaturas ou altas pressões, ou condições que causem corrosão ou erosão severas.

1.1.2 - Analisar características de processos novos ou Plantas novas.

Ainda no que diz respeito a análises de riscos iniciais, de acordo com o item 3.3.2 da API RP 750, as ARP's para processos ou Plantas novas e as recomendações resultantes das APR's devem ser implementadas antes da partida. Na realização de ARP's para um novo processo ou uma nova Planta, consideração especial deve ser dada aos seguintes aspectos:

- Experiência anterior com o processo;
- Circunstâncias do projeto, como por exemplo, períodos de tempo do projeto menores do que os normais, ou modificações na equipe do projeto ou modificações no projeto em si, que sejam feitas depois do projeto ter sido iniciado.

1.1.3 - Pesquisar dados para priorização.

Pesquisar nas Plantas dados que permitam o enquadramento de priorização, conforme itens 1.1.1 e 1.1.2, e elaborar rol de prioridades para realizar as ARP's, adotando as técnicas qualitativas ou quantitativas conforme preconiza o API, item 3.2.3, que no presente trabalho

foram escolhidas as técnicas qualitativas de APR e/ou HAZOP, também de conformidade com o item 3.2.1 da API RP 750.

1.2 - Utilizar técnicas de ARP

De acordo com os itens 3.1 e 3.3.2 da API, as técnicas são aplicadas para identificar os perigos do processo e avaliar riscos que possam redundar em vazamentos e conseqüente liberação de substâncias perigosas. Funções derivadas:

1.2.1 - Selecionar equipe (tanto para as ARP's iniciais como para as periódicas, de acordo com item 3.5 da API);

1.2.2 - Agendar e preparar reuniões;

1.2.3 - Realizar APR's;

1.2.4 - Realizar HAZOP's.

1.2.1 - Selecionar equipe

As ARP's devem ser realizadas por equipes de profissionais com experiência nas áreas de engenharia, operação, projeto, processamento, e outras especialidades julgadas aplicáveis. Pelo menos um membro da equipe deve ter grande familiaridade com as técnicas de ARP, e pelo menos um deles não tenha participado do projeto original da Planta de processo. Os participantes devem ter conhecimentos detalhados especificamente do processo que esteja sendo avaliado, ou deve ter acesso a esse conhecimento.

1.2.2 - Agendar e preparar reuniões

Informar à equipe com antecedência, o calendário das sessões indicando locais, datas e horários. Selecionar local de modo a acomodar documentos que serão usados, como, por exemplo, fluxogramas de engenharia, manuais de operação, listas de linhas, *layouts* da Planta, procedimentos de operação, padrões gerenciais e técnicos de processo, etc.

1.2.3 - Realizar APR's

Conforme abordado 2.8.2 - Análise de riscos de processo (ARP) e de acordo com o AIChE (2000, pg.28) e sugerido, por exemplo, por Esteves (1996), os riscos da Planta podem ser analisados mediante a realização de uma APR, que os classifica como críticos, moderados e não críticos. Os riscos considerados críticos são analisados mais detalhadamente, segundo a técnica de HAZOP.

1.2.4 - Realizar HAZOP's

Conforme 1.2.3, os riscos considerados críticos são analisados mais detalhadamente, através do HAZOP.

1.3 - Avaliar medidas mitigadoras propostas.

Avaliar as medidas para mitigar os riscos analisados, mediante critérios. Funções derivadas:

1.3.1 - Analisar conformidade e aderência;

1.3.2 - Utilizar critério risco x custo x benefício, risco x custo x efetividade ou risco x custo x prazo[76];

1.3.3 - Acompanhar implementação das medidas mitigadoras.

1.3.1 - Analisar conformidade e aderência

Analisar as medidas mitigadoras propostas no tocante à conformidade e aderência a códigos, normas, melhores práticas, padrões e procedimentos adotados.

1.3.2 - Adotar, por exemplo, critério risco x custo x benefício, risco x custo x efetividade, ou risco x custo x prazo;

Hierarquizar as medidas mitigadoras oriundas das APR's e dos HAZOP's, conforme ordem preferencial, adotando critérios de risco x custo x benefício, risco x custo x efetividade, e, na impossibilidade de se aplicar os dois primeiros, utilizar risco x custo x prazo.

1.3.3 - Acompanhar implementação das medidas mitigadoras

Registrar as medidas mitigadoras analisadas quanto à conformidade e aderência e hierarquizadas conforme critério, e realizar o acompanhamento.

Conforme item 3.6 da API, deve ser elaborado um relatório formal das ARP's realizadas que apresente os resultados encontrados pela equipe de análise contendo recomendações. As Gerências devem criar um sistema de acompanhamento da efetividade da implementação das medidas, atribuindo responsabilidades, conseqüências, prazos e alocação de recursos, documentando e acompanhando as ações tomadas, comunicando os resultados e recomendações ao pessoal apropriado.

[76] De acordo com o item 2.8.2 - Análise de riscos de processo (ARP), com o AIChE (2000, p. 28), e utilizado por Esteves (1996) e Oliveira, Lima, Esteves e Assis (1999).

1.4 - Realizar auditoria de efetividade da implementação das medidas mitigadoras

Realizar auditorias durante a implementação das medidas mitigadoras, para acompanhar o andamento e a efetividade de sua execução, objetivando garantir o fechamento do processo de análise de riscos, e, por conseguinte, o próprio GRP, emitindo-se o respectivo relatório da auditoria efetuada. Funções derivadas:

1.4.1 - Constatar periodicamente;

1.4.2 - Informar as Gerências.

1.4.1 - Constatar periodicamente

Realizar auditorias é fundamental para definir periodicidade para constatação do andamento das ações que estão sendo tomadas. É de praxe promover visitas regulares e mensais à Planta, para realizar auditoria em sua Gerência sobre o andamento e a execução das tarefas.

1.4.2 - Informar às Gerências

As Gerências maiores da UN são informadas formalmente, quando os prazos estabelecidos para implementação das medidas mitigadoras forem ultrapassados.

1.5 - Atualizar ARP’s iniciais realizadas

Segundo recomendação da API RP750, item 3.4, as ARP’s devem ser revistas e atualizadas periodicamente em intervalos típicos variando entre 3 e 10 anos. Os aspetos de priorização para se realizar as ARP’s iniciais que foram contemplados no item 3.3 daquele referencial (item 1.1 acima) e as mudanças havidas na tecnologia do processo ou na própria Planta[77] devem também ser levadas em conta na definição da freqüência dessa atualização. É recomendado que a Gerência estabeleça um acompanhamento dessa atualização. Funções derivadas:

1.5.1 - Definir prioridades e periodicidades;

1.5.2 - Programar e realizar as APR’s e HAZOP’s.

1.5.1 - Definir prioridades e periodicidades

Conforme recomendado pela API 750, definir a prioridade das Plantas que terão suas ARP’s revistas e atualizadas, cuja periodicidade é função dos seguintes fatores:

---

[77] Serão abordados no item 5.4.3 a seguir.

- Plantas existentes;
- Processos novos e Plantas novas;
- Modificações por evoluções tecnológicas do processo;
- Modificações mecânicas na Planta

1.5.2 - Programar e realizar as APR’s e HAZOP’s.

Programar formalmente e realizar as ARP’s (APR’s e HAZOP’s) levando em conta os fatores de priorização acima, definindo o calendário das sessões.

O Diagrama FAST para o elemento de Gestão Análise de riscos de processo - ARP pode ser observado no Fluxograma 16, e a partir dele construiu-se Diagrama de Atividades correspondente mostrado no Fluxograma 17. Ambos estão no Anexo A.

### 5.4.3 **Gerenciamento de modificações**

#### 5.4.3.1 Introdução

Conforme a API 750, item 4.1, qualquer Planta de processo está sujeita a modificações para aumentar eficiência, melhorar condições operacionais e de segurança, acomodar inovações tecnológicas, implementar melhorias mecânicas e sofrer alterações na força de trabalho. Qualquer modificação pode introduzir novos riscos ou comprometer as salvaguardas existentes no projeto original. Faz-se necessário conhecê-las para gerenciá-las corretamente.

#### 5.4.3.2 Objetivo

Implantar um sistema e gestão que ajude a assegurar que os riscos associados às modificações possam ser identificados e gerenciados, por meio do estabelecimento de diretrizes para elaborar padrões de gestão de mudanças na tecnologia, modificações na Planta de grande ou de pequeno porte e alterações na força e trabalho.

5.4.3.3 Desenvolvimento da estrutura

Função básica:

- 1 - Estabelecer diretrizes para elaborar padrões.

Funções derivadas:

1.1 - Designar equipe

1.2 - Classificar modificações, conforme item 4.2.1 da API 750;

1.3 - Realizar modificações, conforme itens 4.2.2 e 4.2.3 dessa norma;

1.4 - Organizar padrões gerados, conforme item 4.3 dessa norma;

1.5 - Implantar padrões, conforme item 4.3 dessa norma.

1.1 - Designar equipe.

Designar equipe com profissionais das áreas de engenharia, operação, segurança, manutenção, inspeção, planejamento para desenvolver os padrões.

1.2 - Classificar modificações.

Conhecer os tipos de modificações, de modo a enquadrá-la nos três tipos possíveis. Funções derivadas:

1.2.1 - Estabelecer mecanismo de identificação;

1.2.2 - Descrever modificações;

1.2.3 - Reavaliar aspectos de manutenção.

1.2.1 - Estabelecer mecanismo de identificação.

Estabelecer mecanismos eficientes para identificar as mudanças, de modo que as tarefas não abrangidas pelos padrões sejam executadas mediante procedimentos formais. Funções derivadas:

1.2.1.1 - Identificar outros modos de execução;

1.2.1.2 - Estabelecer documento formal de autorização.

1.2.1.1 - Identificar outros modos de execução.

Pesquisar se existe e obter sugestões de documentos usados para gerenciar a Planta e que possam ser adotadas para detectar e identificar modificações. O mecanismo usado deve

estabelecer a distinção entre modificações de manutenção normal e alterações de grande porte, e se mudanças de pequeno porte são realizadas como se fossem de manutenção.

1.2.1.2 - Estabelecer documento formal de autorização.

Estabelecer padrão formal de autorização de mudanças.

1.2.2 - Descrever modificações.

Definir nos padrões tipos de modificações por inovações tecnológicas, modificações mecânicas e modificações na força de trabalho. Funções derivadas:

1.2.2.1 - Considerar modificações na tecnologia;

1.2.2.2 - Considerar modificações na Planta;

1.2.2.3 - Considerar modificações na força de trabalho.

1.2.2.1 - Considerar modificações na tecnologia.

Levar em conta situações, normalmente não observadas como modificações na tecnologia:

- Plantas novas que envolvam modificações em equipamentos;
- Aumento da capacidade nominal ou de processamento de fluidos diferentes, por exemplo, introdução de novos insumos ao processo, tais como fluidos de limpeza ou tratamento químico, desencrustrantes, inibidores, anti-coagulantes, anti-espumantes e anti-floculantes, etc.;
- Alterações significativas nas condições de operação, como vazão, temperatura, pressão, nível, condições de processo diferentes daquelas do projeto (processo e mecânico) original, inclusive pressões, modificação na classificação de áreas e vazões de utilidades;
- Mudanças em equipamentos, inclusão de novos e modificações dos existentes, malhas de controle e inter-travamentos, como por exemplo:
    - ◇ Fluxogramas e descrição do processo, balanços de material e de energia, vazão máxima de processo, limites máximo e mínimo pressão, vazão, temperatura, composições;
    - ◇ Alterações na locação de bocais de equipamentos, internos, *vents* e drenos;
    - ◇ Alterações de válvulas, placas de orifícios ou rotores de equipamentos rotativos;
    - ◇ Alterações em *set points* de instrumentos, alarmes e inter-travamentos.

- Modificações no processo ou em equipamentos que impactem sistemas de alívio e despressurização, altas temperaturas ou pressões, aumento na capacidade do equipamento ou adição de equipamento que contribua para aumentar capacidades de alívio, a saber:
  - ◇ Mudança na configuração do sistema de combate a incêndio;
  - ◇ Modificações em *set points* de válvulas de alívio ou de quebra vácuo;
  - ◇ Introdução de *bypasses* e inter-travamentos em equipamentos;
  - ◇ Modificações em procedimentos de operação, partida, parada normal e em emergência, carga reduzida ou fora dos limites de operações especificados no projeto;
  - ◇ Revisões em manuais e desenhos;
  - ◇ Alterações nos projetos de processamento e mecânico, modificações em procedimentos, decorrentes de ARP's;

1.2.2.2 - Considerar modificações na Planta.

Incluir nos padrões as situações abaixo, normalmente não consideradas como modificações mecânicas e que não aparecem nos fluxogramas de engenharia:

- Impulsionadores de fluidos rotativos, alternativos ou estacionários diferentes do especificado no projeto original;
- Alteração no material de construção, ou no dimensionamento de linhas ou equipamentos;
- Tubulações temporárias, conexões ou mangueiras, inclusive o uso de juntas, gaxetas, flanges, "figuras-8"[78] e estojos diferentes;
- Suporte de tubulações, inclusive aqueles apoiados em equipamentos, mudanças que aumentam cargas estáticas ou contraventamentos[79] em estruturas e plataformas;
- Conexões temporárias de utilidades;

- Fornecimento material de processo alternativo, como catalisadores, reagentes;
- Equipamento elétrico temporário, inclusive suas conexões;
- "Jumpeamento"[80] de circuitos e malhas de inter-travamento.

---

[78] Dispositivo de bloqueio temporário de uma tubulação, em forma de "oito", tendo um lobo "vazado" permitindo passagem total do fluxo, e outro "cego", que bloqueia a passagem do fluxo.
[79] Reforço em uma estrutura metálica, soldado em duas peças ortogonais em forma e mão francesa.
[80] Burla, feita usualmente de forma manual, diferente do projeto e da ordem lógica e automática original de atuação ou votação de uma malha de controle, objetivando acelerar ou desviar da condição normal da operação.

1.2.2.3 - Considerar modificações na força de trabalho.

- Mudança e passagem de turnos;
- Substituições de empregados durante folgas, licenças, doenças;
- Utilização de empregados próprios novos sem o devido treinamento;
- Utilização de empregados contratados novos sem o devido treinamento;
- Utilização e empregados com algum tipo de lesão, doença ou problema psicológico.

1.2.3 - Reavaliar aspectos de manutenção.

Rever a filosofia de manutenção e seus padrões, de modo que modificações de pequeno e grande porte não sejam realizadas a título de manutenção normal. Função derivada:

1.2.3.1 - Definir o que é modificação de pequeno e de grande porte.

Aplicar corretamente os padrões de gestão de mudanças, estabelecendo o que é modificação de manutenção, definindo o que é considerado como modificação de pequeno e grande porte.

1.3 - Realizar modificações.

Engloba funções para elaborar padrões de gestão de mudanças. Funções derivadas:

1.3.1 - Definir documentos;

1.3.2 - Analisar riscos;

1.3.3 - Divulgar impactos;

1.3.4 - Obedecer aos projetos.

1.3.1 - Definir documentos.

Definir quais são os documentos necessários à gestão de mudanças. Funções derivadas:

1.3.1.1 - Incluir documentos do projeto de detalhamento;

1.3.1.2 - Estabelecer autorização e duração da mudança.

1.3.1.1 - Incluir documentos do projeto de detalhamento.

Incluir documentos do projeto de detalhamento (processo e mecânico) e solicitar suporte às Gerências da UN-Sede.

1.3.1.2 - Estabelecer autorização e duração da mudança.

Determinar nível hierárquico de autorização nos padrões de modificação e duração para execução das mesmas. Algumas modificações podem ser temporárias como, por exemplo, em emergências.

1.3.2 - Analisar riscos.

Analisar previamente riscos através APR, conforme o item 5.4.2 - Análise e riscos de processo - ARP, abordando aspectos de segurança, higiene ocupacional e de meio ambiente, contemplando impactos a jusante e montante da Planta. Funções derivadas:

1.3.2.1 - Reavaliar modificações.

Dependendo do porte da mudança, fazer análise detalhada após realização da APR, observando efeitos secundários nas condições de processo. Realizar HAZOP, conforme item 5.4.2 - Análise de riscos de processo - ARP.

1.3.3- Divulgar impactos.

Divulgar impactos que a modificação acarreta à força ao pessoal envolvida. Funções derivadas:

1.3.3.1 - Atualizar padrões/desenhos;

1.3.3.2 - Treinar força de trabalho.

1.3.3.1 - Atualizar padrões/desenhos;

Atualizar padrões, desenhos e procedimentos de operação quando forem realizadas modificações, fazendo a devida alocação prévia de recursos.

1.3.3.2 - Treinar força de trabalho.

A Gerente da Planta é responsável por identificar e qualificar necessidades e tipo de treinamento para atualizar e treinar a força de trabalho, quando houver modificações qualitativas e quantitativas na lotação da força de trabalho e que forem abrangidas no item 5.4.4 - Procedimentos de operação, 5.4.5 - Práticas de trabalho seguro e 5.4.6 - Treinamento.

1.3.4 - Obedecer aos projetos.

Fiscalizar a construção e montagem de modo que as modificações planejadas estejam conforme o detalhamento. Qualquer modificação introduzida no detalhamento, necessitará ser analisada, previamente, de acordo com o item 1.3.1 acima conforme instruções anteriores.

1.4 - Organizar padrões gerados.

Organizar padrões gerados num Manual de Gerenciamento de Modificações, depois de atendidos requisitos definidos anteriormente. Funções derivadas:

1.4.1 - Arquivar por assunto/capítulo.

Definir capítulos do Manual de Gerenciamento de Modificações, conforme requisitos.

1.5 - Implantar padrões.

Implantar padrões após a definição do Manual de Gerenciamento de Modificações, atendendo requisitos vigentes na UN. Funções derivadas:

1.5.1 - Divulgar padrões.

Mediante treinamento adequado, divulgar os padrões de Gerenciamento de modificações gerados, antes de entrarem em vigor.

O Diagrama FAST para o elemento de gestão Gerenciamento de modificações pode ser contemplado no Fluxograma 18 e a partir dele construiu-se o Diagrama de Atividades correspondente mostrado no Fluxograma 19. Ambos são mostrados no Anexo A.

### 5.4.4 **Procedimentos de operação**

#### 5.4.4.1 Introdução

Conforme requerido pela API RP 750, item 5.1, é necessário prover procedimentos formais de operação para qualquer Planta enquadrada nessas práticas recomendadas.

#### 5.4.4.2 Objetivo

Prover procedimentos formais de operação conforme recomendado no manual de operação e de acordo com o projeto da Planta, servindo de referência também para treinamento para a força de trabalho.

#### 5.4.4.3 Desenvolvimento da estrutura

Função básica:

- 1 - Prover procedimentos de operação.

Funções derivadas:

1.1 - Elaborar procedimentos;

1.2 - Implantar procedimentos;

1.3 - Atualizar informações.

1.1 - Elaborar procedimentos.

A Planta deve elaborar seus próprios procedimentos formais de operação. Funções derivadas:

1.1.1 - Mapear os processos, atividades e tarefas;

1.1.2 - Buscar informações;

1.1.3 - Organizar informações.

1.1.1 - Mapear os processos, atividades e tarefas.

Verificar nos fluxogramas de engenharia e no manual de operações do projeto da Planta e identificar nas etapas do processamento e nos equipamentos envolvidos, quais são as atividades, tarefas, informações, hábitos, percepções, etc., da força de trabalho para incorporá-los no procedimento de operação. Funções derivadas:

1.1.1.1 - Incorporar informações mínimas;

1.1.1.2 - Elaborar modelo de padrão.

1.1.1.1 - Incorporar informações mínimas;

As informações são aquelas constantes da API RP 750, item 5.1, a saber:

- Nome e cargo do Gerente da Planta, Supervisores de operação e Operadores, de cada setor da Planta;

- Instruções claras para operar com segurança cada setor da Planta, de acordo com o requerido no item 5.4.1 - Informações sobre segurança de processo;
- Condições de operação para cada uma das seguintes fases da operação:
  - ◇ Partida inicial;
  - ◇ Operação normal;
  - ◇ Operações temporárias, se necessárias;
  - ◇ Operações de emergência, incluindo paradas, e o cargo de quem possa iniciá-las;
  - ◇ Parada normal;
  - ◇ Partida após parada.
- Limites de operação do projeto de processamento, conforme item 5.4.1 - Informações sobre segurança de processo, e se considerações de segurança estiverem presentes, uma descrição das seguintes:
  - ◇ Conseqüências dos desvios na operação;
  - ◇ Etapas requeridas para corrigir ou evitar os desvios;
  - ◇ Sistemas de segurança e suas funções.
- Aspectos de higiene industrial e saúde ocupacional incluindo:
  - ◇ Propriedades dos produtos perigosos utilizados no processo e riscos ocupacionais;
  - ◇ Precauções especiais necessárias para prevenir exposição, incluindo controles de engenharia e us de equipamentos de proteção individual;
  - ◇ Medidas de controle que devem ser adotadas no caso de haver contato ou exposição a produtos perigosos e riscos ocupacionais.

1.1.1.2 - Elaborar modelo de padrão.

Desenvolver modelo de padrão onde procedimentos de operação e informações são inseridos. Funções derivadas:

1.1.1.2.1 - Definir capítulos e assuntos.

Organizar capítulos, assuntos, etc, tendo como referencial o conteúdo mínimo das informações abordadas acima, inserindo-as no modelo.

1.1.2 - Buscar informações.

Procurar dados e informações e elaborar minuta para comentários. Funções derivadas:

1.1.2.1 - Compilar informações existentes;

1.1.2.2 - Consultar Gerências da UN sobre informações faltantes;

1.1.2.3 - Desenvolver informações faltantes.

1.1.2.1 - Compilar informações existentes.

Procurar documentação existente na Planta, por exemplo, fluxogramas de engenharia, catálogo mecânico, manual de operação, diagramas lógicos de inter-travamento, seqüência operacional de manobra de válvulas, desenhos, diagramas sinóticos e semi-gráficos, pan-alarmes, etc., entrevistando supervisores e operadores, catalogando as informações por ventura faltantes.

1.1.2.2 - Consultar Gerências da UN sobre informações faltantes.

Informações não localizadas na Planta devem ser solicitadas às Gerências da UN, das áreas de Qualidade, SMS, Logística, Engenharia, Construção e Montagem, Manutenção, Documentação, etc.

1.1.2.3 - Desenvolver informações faltantes.

Gerar informações que estão faltando com operadores da Planta, descrevendo etapas de suas tarefas diárias.

1.1.3 - Organizar informações.

Desenvolver procedimento com informações recebidas das Gerências da Sede da UN. Funções derivadas:

1.1.3.1 - Incorporar informações ao modelo de padrão;

1.1.3.2 - Definir arquivos.

1.1.3.1 - Incorporar informações ao modelo de padrão.

As informações recebidas devem ser incluídas no modelo do padrão desenvolvido no item 1.1.1.2, verificando numeração dos desenhos e datas das revisões. Função derivada:

1.1.3.1.1 - Aprovar procedimento de operação.

Obter aprovação da Gerencia da Planta preenchendo campos necessários.

1.1.3.2 - Definir arquivos.

Identificar meio de arquivar os procedimentos de operação na Planta, com autorização da Supervisão.

1.2 - Implantar procedimentos.

Quando houver modificações na Planta, por evolução tecnológica, por mudança mecânica ou por alteração na força de trabalho, o Gerente da Planta deve solicitar revisão do procedimento de operação de acordo com o elemento de gestão Gerenciamento de modificações, constante do item 5.4.3. Funções derivadas:

1.2.1 - Implantar procedimentos de operação em Plantas novas e em Plantas modificadas;

1.2.2 - Implantar procedimentos de operação quando houver mudança na tecnologia, mudança na Planta ou na força e trabalho.

1.2.1 - Implantar procedimentos de operação em Plantas novas e em Plantas modificadas.

O Gerente da Planta deve providenciar que os procedimentos de operação estejam elaborados antes da partida.

1.2.2 - Implantar procedimento de operação quando houver mudança na tecnologia, mudança na Planta ou na força e trabalho.

Quando houver modificações na Planta, é requerido que os procedimentos de operação sejam revistos conforme o elemento de gestão Gerenciamento de modificações, constante do item 5.4.3.

1.3 - Atualizar informações.

Os procedimentos de operação devem ser atualizados quando houver modificações por evolução na tecnologia, modificações mecânicas, no processo, por necessidades normativas, por alterações nas condições de segurança, etc. Funções derivadas:

1.3.1 - Verificar informações recebidas da UN-Sede;

1.3.2 - Arquivar versão atualizada;

1.3.3 - Revisar procedimentos.

1.3.1 - Verificar informações recebidas da UN-Sede.

Verificar procedimentos de operação recebidos de gerências da UN-Sede quanto à compatibilidade com os procedimentos vigentes antes de serem implementados na Planta.

1.3.2 - Arquivar versão atualizada.

Arquivar procedimentos de operação recebidos da UN-Sede e desenvolvidos na própria Planta, substituindo pelos existentes, que são descartados.

1.3.3 - Revisar procedimentos.

Conforme a API RP 750 item 5.3, procedimentos de operação devem ser revistos periodicamente para refletir a prática operacional corrente. A freqüência de revisão deve ser de acordo com o risco apresentado, em intervalos regulares de 3 a 5 anos, e deve ser feita formalmente.

O Diagrama FAST para o elemento de gestão Procedimentos de operação pode ser contemplado no Fluxograma 20 e a partir dele construiu-se o Diagrama de Atividades correspondente mostrado no Fluxograma 21. Ambos são apresentados no Anexo A.

### 5.4.5 **Práticas de trabalho seguro**

#### 5.4.5.1 Introdução

De acordo com o item 6.1 da API RP 750, devem ser estabelecidas Práticas de trabalho seguro para promover comportamento voltado para segurança, nas atividades de operação, manutenção, modificações e controle de materiais, produtos e substâncias que possam afetar a segurança de processo. Elas devem ser abrangentes para toda a Planta e devem ser formais. Para plantas novas ou que tenham sido modificadas, essas práticas devem estar implantadas antes da partida. Um sistema de gestão de permissões e autorizações deve ser utilizado com esse fim.

#### 5.4.5.2 Objetivo

Estabelecer Práticas de trabalho seguro, conforme item 6.2 da API[81], para as atividades de operação, manutenção e modificação das Plantas, bem como de Procedimentos de controle de qualidade para assegurar que todos os materiais, produtos e substâncias identificados, recebidos e utilizados no processo estejam de acordo com as especificações.

5.4.5.3 Desenvolvimento da estrutura

Função básica:

- 1 - Estabelecer práticas de trabalho seguro.

A partir dela são derivadas as seguintes funções:

1.1 - Elaborar práticas;

1.2 - Implantar práticas;

1.3 - Atualizar informações.

1.1 - Elaborar práticas.

As próprias Plantas suas Práticas formais de trabalho seguro. Funções derivadas:

1.1.1 – Mapear atividades e tarefas;

1.1.2 - Buscar informações;

1.1.3 - Organizar informações.

1.1.1 - Mapear atividades e tarefas.

Mapear atividades, tarefas, informações, dados, hábitos, percepções, etc. para serem internalizados nas Práticas de trabalho seguro. Funções derivadas:

1.1.1.1 - Incorporar informações mínimas;

1.1.1.2 - Elaborar modelo de padrão.

1.1.1.1 - Incorporar informações mínimas.

As Práticas de trabalho seguro devem abranger no mínimo as atividades definidas no item 6.2 da API e 6.3 no que concerne ao controle de materiais, produtos e substâncias que afetem a segurança de processo. Funções derivadas:

[81] Na indústria petroquímica são denominadas de Permissão para Trabalho – PT.

1.1.1.1.1 - Incluir PT's;

1.1.1.1.2 - Incluir Procedimentos de controle de qualidade e manuseio de produtos, substâncias e materiais.

1.1.1.1.1 - Incluir PT's.

Conforme item 6.2 da API, PT's contemplam tradicionalmente as seguintes atividades e recomendações:

- Abertura de equipamentos e tubulações de processo, desligamento de fontes de energia elétrica e mecânica, atividades que envolvem fonte de ignição, entrada em espaços confinados, uso de guindastes e equipamentos similares;
- Recomendações sobre danos que venham a ocorrer na Planta por conta de como operações com guindastes e equipamentos de elevação de cargas possam afetar equipamentos, tubulações que transportem produtos perigosos, estabelecendo se esses últimos necessitam ou não serem retirados de operação em função dos riscos envolvidos;
- Exigências quanto a isolamento de áreas para controle e resposta a situações de emergência, em situações que envolvam danos em tubulações subterrâneas que movimentem produtos perigosos;
- Necessidade que as PT's estejam de acordo com a legislação federal (p. ex., Normas Regulamentadoras) e outras afins.

1.1.1.1.2 - Incluir procedimentos de controle de qualidade e manuseio de produtos, substâncias e materiais.

Procedimentos de controle de qualidade e manuseio de produtos, substâncias e materiais necessitam assegurar que, no mínimo, sejam contemplados:

- Corretas especificações dos insumos básicos, catalizadores, produtos químicos, aditivos, etc, que possam afetar a segurança do processo;
- Controle da adição desses produtos no processo, assegurando que não ocorram reações indesejáveis;
- Controle de materiais de reposição que possam colocar em risco a força de trabalho;
- Fornecimento pelo fornecedor do certificado de análise dos produtos e recomendações sobre uso de conexões específicas para minimizar erros no carregamento/descarregamento tonéis e bombonas em vasos de processo ou tanques de armazenamento;
- Inclusão de procedimentos para o correto manuseio desses produtos e materiais.

1.1.1.2 - Elaborar modelo de padrão.

Desenvolver modelo onde informações de Práticas de trabalho seguro e Procedimentos de controle de qualidade e manuseio de produtos, substâncias e materiais são inseridas. Funções derivadas:

1.1.1.2.1 - Definir capítulos e assuntos.

Organizar capítulos, assuntos, etc., tendo como referencial o conteúdo mínimo das informações abordadas acima, inserindo-os no modelo.

1.1.2 - Buscar informações

Procurar dados e informações e elaborar minuta para comentários. Funções derivadas:

1.1.2.1 - Compilar informações existentes;

1.1.2.2 - Consultar Gerências da UN sobre informações faltantes;

1.1.2.3 - Desenvolver informações faltantes.

1.1.2.1 - Compilar informações existentes.

Procurar documentação existente na Planta, por exemplo, *layout* dos equipamentos de processo, diagramas unifilares elétricos, plantas de classificação de áreas, manuais dos fornecedores de produtos e materiais, folhas de dados dos equipamentos de processo, catálogo mecânico, etc., entrevistando supervisores e operadores, catalogando as informações por ventura faltantes.

1.1.2.2 - Consultar Gerências da UN sobre informações faltantes.

Informações não localizadas na Planta devem ser solicitadas às Gerências da UN, áreas de Qualidade, SMS, Logística, Engenharia, Construção e Montagem, Manutenção, Documentação, etc.

1.1.2.3 - Desenvolver informações faltantes.

Gerar informações que estão faltando com operadores da Planta, descrevendo etapas de suas tarefas diárias.

1.1.3 - Organizar informações.

Desenvolver procedimento com instruções recebidas das Gerências da Sede da UN. Funções derivadas:

1.1.3.1 - Incorporar informações no modelo de padrão;

1.1.3.2 - Definir arquivos.

1.1.3.1 - Incorporar informações no modelo de padrão.

As informações recebidas devem ser incluídas no modelo de Práticas de trabalho seguro e Procedimentos de controle de qualidade e manuseio de produtos, substâncias e materiais, desenvolvidos no item 1.1.1.2, verificando as numerações de desenhos e datas das revisões. Função derivada:

1.1.3.1.1 - Aprovar Práticas de trabalho seguro.

Obter aprovação Gerente da Planta preenchendo campos necessários.

1.1.3.2 - Definir arquivos.

Identificar meio de arquivar as Práticas de trabalho seguro e os procedimentos de controle de qualidade, com autorização da Supervisão.

1.2 - Implantar práticas.

Quando houver modificações na Planta, por evolução tecnológica, por mudança mecânica ou por alteração na força de trabalho, o Gerente da Planta deve solicitar revisão de acordo com o elemento de gestão Gerenciamento de modificações, constante do item 5.4.3. Funções derivadas:

1.2.1 - Programar treinamento e selecionar equipe;

1.2.2 - Treinar a força de trabalho;

1.2.3 - Assegurar utilização.

1.2.1 - Programar treinamento e selecionar equipe.

A Gerente da Planta seleciona e programa equipes conforme calendário das áreas de Recursos Humanos e SMS.

1.2.2 - Treinar a força de trabalho.

A força de trabalho da Planta deve ser treinada para aplicar corretamente as Práticas de trabalho seguro e procedimentos de controle de qualidade, conforme elemento de gestão Treinamento, constante do item 5.4.6.

1.2.3 - Assegurar utilização.

Supervisores e operadores são responsáveis por cumprir e fazer cumprir as Práticas de trabalho seguro e os procedimentos de controle de qualidade na Planta, verificando periodicamente se estão sendo corretamente aplicados.

1.3 - Atualizar informações.

As Práticas de trabalho seguro e procedimentos de controle de qualidade devem ser atualizados quando houver melhorias e re-adequação nos procedimentos. Funções derivadas:

1.3.1 - Promover ações para revisão das PT's;

1.3.2 - Revisar Procedimentos de controle de qualidade e manuseio de produtos, substâncias e materiais.

1.3.1 - Promover ações para revisão das Permissões de Trabalho.

Subsidiar a Gerência de normalização técnica fornecendo informações para revisão corporativa das Permissões de Trabalho.

1.3.2 - Revisar Procedimentos de controle e manuseio de produtos, substâncias e materiais.

Os Procedimentos de controle de qualidade e manuseio de produtos, substâncias e materiais devem ser revisados e atualizados, objetivando melhorar conteúdo técnico.

O Diagrama FAST para o elemento de gestão Práticas de trabalho seguro pode ser contemplado no Fluxograma 22 e a partir dele construiu-se o Diagrama de Atividades correspondente mostrado no Fluxograma 23. Ambos são mostrados no Anexo A.

### 5.4.6 **Treinamento**

#### 5.4.6.1 Introdução

Considerando o item 7.1 da API RP 750, deve ser provido treinamento a toda força de trabalho envolvida com a operação da Planta, compatível com suas atribuições e responsabilidades. Treinamento deve ser focado nos Procedimentos de operação descritos no item no item 5.4.4, inclusive quando forem feitas modificações contempladas no item 5.4.3 - Gerenciamento de modificações.

RConforme requerido pela API RP 750, todo o treinamento deve ser formal e ser documentado.

5.4.6.2 Objetivo

Prover treinamento para toda a força de trabalho, orientado, fundamentalmente, para o elemento de gestão Procedimentos de operação, detalhado no 5.4.4, incluindo também manutenção, apoio, inspeção, etc, conforme requerido.

5.4.6.3 Desenvolvimento da estrutura

Função básica:

- 1 - Prover treinamento da força de trabalho, nos níveis inicial, periódico e quando da ocorrência de modificações nos procedimentos de operação, ou, de modo simplificado, prover treinamento da força de trabalho da operação.

  A partir dela são derivadas as seguintes funções:

  1.1 - Mapear necessidades por tipo de treinamento e por cargo;

  1.2 - Treinar toda a força de trabalho da operação (treinamento inicial, conforme item 7.2, da API RP 750);

  1.3 - Treinar toda a força de trabalho da operação (treinamento periódico, conforme item 7.3);

  1.4 - Manter atualizada a força de trabalho da operação (conforme 7.4);

  1.5 - Qualificar instrutores.

1.1 - Mapear necessidades por tipo de treinamento e por cargo;

Identificar as necessidades por tipo de treinamento e por cargo da força de trabalho. Funções derivadas:

1.1.1 - Identificar necessidades por tipo de treinamento e por cargo;

1.1.2 - Identificar o perfil dos treinandos.

1.1.1 - Identificar necessidades por tipo de treinamento e por cargo.

Levantar necessidades de treinamento e cargos.

1.1.2 - Identificar o perfil dos treinandos.

Conhecer o nível de capacitação individual de cada empregado da força de trabalho da operação.

1.2 - Treinar toda a força de trabalho da operação (treinamento inicial).

Realizar treinamento inicial para execução das tarefas inerentes ao cargo. Funções derivadas:

1.2.1 - Elaborar critério de qualificação;

1.2.2 - Elaborar padrão para treinamento;

1.2.3 - Elaborar padrão para avaliação;

1.2.4 - Realizar treinamento;

1.2.5 - Obter comprometimento gerencial.

1.2.1 - Elaborar critério de qualificação.

Elaborar critério de qualificação para assegurar que o candidato tenha um mínimo de conhecimento e habilidades necessárias ao cargo.

1.2.2 - Elaborar padrão para treinamento.

Elaborar Procedimentos de operação de modo que a força de trabalho da operação da Planta possua conhecimentos, habilidades e competências para desempenhar suas atribuições e responsabilidades, incluindo partida e parada da Planta, levando em conta os seguintes aspectos de gestão de conhecimento, segundo Ozog e Stickles (1993):

- Deve haver equilíbrio entre o treinamento de “sala de aula” e “em serviço”;
- O treinamento “em sala de aula” fornece à força de trabalho da operação informações sobre os princípios termodinâmicos, físico-químicos, riscos da operação, filosofia do projeto e explicita razões de operar um equipamento de um modo específico;
- Conforme os itens 5.4.2 - Avaliação de riscos de processo e 5.4.4 - Procedimentos de operação, é importante utilizar fluxogramas de engenharia e procedimentos de operação atualizados, de modo a assegurar a operação dos equipamentos de maneira correta.

1.2.3 - Elaborar padrão para avaliação

Elaborar padrão para avaliação dos treinandos, de modo a garantir adequada retenção de conhecimentos e das habilidades.

1.2.4 - Realizar treinamento.

O Gerente da Planta negocia calendário e se articula com a Gerência de Recursos Humanos para realizar o treinamento.

1.2.5 - Obter comprometimento gerencial.

O Gerente da Planta deve liberar empregados da força e trabalho conforme calendário negociado promovendo a cobertura necessária para garantir a continuidade operacional da Planta.

1.3 - Treinar toda a força de trabalho da operação (treinamento periódico)

Realizar reciclagem que deve ser ministrada para assegurar que a força de trabalho da operação da Planta compreenda perfeitamente e esteja aderente aos procedimentos correntes da operação. Funções derivadas:

1.3.1 - Definir periodicidade;

1.3.2 - Realizar treinamento.

1.3.1 - Definir periodicidade.

Conforme a API RP 750, o treinamento deve ser realizado pelo menos a cada 3 anos.

1.3.2 - Realizar treinamento.

O Gerente da Planta negocia calendário e se articula com a Gerência de Recursos Humanos para realizar o treinamento.

1.4 - Manter atualizada a força de trabalho da operação.

Toda vez que houver modificações nos Procedimentos de operação da Planta nas seguintes fases da operação, segundo o item 5.4.4 - Procedimentos de operação, deve ser ministrado novo treinamento da força de trabalho, ou mantê-la atualizada quanto às modificações havidas antes de operarem a Planta nas seguintes operações:

- Partida inicial;
- Operação normal;
- Operações temporárias;

- Operação de emergência;
- Parada normal;
- Partida depois de parada programada;
- Limites operacionais.

Funções derivadas:

1.4.1 - Realizar treinamento;

1.4.2 - Atualizar modificações.

1.4.1 - Realizar treinamento.

O Gerente da Planta negocia calendário e se articula com a Gerência de Recursos Humanos para realizar o treinamento.

1.4.2 - Atualizar modificações.

Quando não houver necessidade de treinamento, a força de trabalho da operação deve ser pelo menos informada das modificações havidas nos procedimentos de operação da Planta conforme sub-item 1.4 acima.

1.5 - Qualificar instrutores.

Elaborar procedimentos que garantam a qualificação de instrutores. Funções derivadas:

1.5.1 - Elaborar critérios e procedimentos;

1.5.2 - Identificar instrutores potenciais;

1.5.3 - Reciclar instrutores.

1.5.1 - Elaborar critérios e procedimentos.

Elaborar critérios e procedimentos de qualificação de modo a assegurar que instrutores estejam habilitados para desempenhar suas atribuições.

1.5.2 - Identificar instrutores potenciais.

O Gerente da Planta deve identificar na sua força de trabalho os empregados com perfil para serem potenciais instrutores, de modo a poder ministrar treinamentos. Quando isso não for possível é necessário ele articular com a Gerência de Recursos Humanos buscando pessoal qualificado para suprir essa necessidade.

1.5.3 - Reciclar instrutores.

Assegurar que os instrutores mantenham-se atualizados.

O Diagrama FAST para o elemento de gestão Treinamento pode ser contemplado no Fluxograma 24 e a partir dele construí-se o Diagrama de Atividades correspondente mostrado no Fluxograma 25. Ambas são apresentadas no Anexo A.

### 5.4.7 **Garantia da qualidade e integridade mecânica de equipamentos críticos**

#### 5.4.7.1 Introdução

A API RP 750 recomenda no seu item 8.1 que equipamentos críticos de qualquer Planta em que essas práticas recomendadas sejam aplicadas sejam projetados, fabricados, montados, e mantidos de forma consistente com os requisitos do serviço.

#### 5.4.7.2 Objetivo

Garantir a qualidade e integridade mecânica de equipamentos críticos em todas as fases de seu ciclo de vida, nas fases desde de projeto, fabricação, montagem, manutenção testes e inspeção.

#### 5.4.7.3 Desenvolvimento da estrutura

Função básica:

- 1 - Garantir a qualidade e integridade mecânica de equipamentos críticos.

Funções derivadas:

1.1 - Elaborar padrão de garantia da qualidade na fabricação, montagem, manutenção, teste e inspeção (conforme itens 8.2, 8.3 8.4 e 8.5 da API RP 750);

1.2 - Treinar a força de trabalho da manutenção, teste e inspeção;

1.3 - Implantar padrão para garantia da qualidade na fabricação, montagem, manutenção, teste e inspeção;

1.4 - Atualizar informações.

1.1 - Elaborar padrão de garantia da qualidade na fabricação, montagem, manutenção, teste e inspeção;

O Gerente da Planta providencia que seja elaborado padrão formal de um sistema de garantia da qualidade dos equipamentos críticos, documentando todas as etapas do processo de garantia de qualidade.

Funções derivadas:

1.1.1 - Definir equipamentos críticos;

1.1.2 - Buscar informações;

1.1.3 - Organizar informações.

1.1.1 - Definir equipamentos críticos

Definir que equipamentos específicos são considerados críticos para o processamento e que serão objeto do sistema de gestão de garantia da qualidade e integridade mecânica, conforme API RP 750, de acordo com as seguintes classes:

- Vasos de pressão, inclusive caldeiras aqua-tubulares e flamo-tubulares;
- Tanques de armazenagem;
- Tubulações críticas de processo;
- Sistemas e dispositivos de alívio;
- Sistemas de parada de emergência;
- Dispositivos de controle críticos;
- Alarmes e inter-travamentos;

Conforme Ozog e Stickles (1993), podem ser também considerados:

- Discos de ruptura;
- Proteção catódica;
- Aterramento;
- Fundos de tanque;
- Corta chamas/*vents* e drenos;

- Detectores de chama e dispositivos de monitoramento;
- Tubos de trocadores de calor;
- Tubulações enterradas.

Funções derivadas:

1.1.1.1 - Incorporar informações mínimas;

1.1.1.2 - Elaborar modelo de padrão.

1.1.1.1 - Incorporar informações mínimas.

O padrão de garantia da qualidade e integridade mecânica de equipamentos críticos deve incluir, no mínimo, o que é recomendado na API RP 750, a saber:

- Garantia da qualidade no projeto, fabricação e montagem, conforme itens 8.2 e 8.3 daquele referencial, incluindo:
  - ◇ Controle de qualidade para assegurar que os materiais e a fabricação dos equipamentos sejam feitas conforme especificações de projeto;
  - ◇ Verificação e inspeção antes da pré-operação para garantir que a montagem dos equipamentos sejam consistentes com as especificações de projeto e os requisitos do fabricante.
- Sistema de manutenção, conforme item 8.4 daquele referencial, contemplando:
  - ◇ Inter-travamentos, malhas de controle, alarmes, etc., associados a parâmetros operacionais críticos, conforme item 5.4.1 - Informações sobre segurança de processo, sub-item 1.1.1.1;
  - ◇ Procedimentos de manutenção e práticas de trabalho que assegurem integridade mecânica dos equipamentos[82];
  - ◇ Treinamento da força de trabalho da manutenção na aplicação desses procedimentos;
  - ◇ Procedimento de controle de qualidade para assegurar que materiais e equipamentos reserva e peças de reposição esteja conforme especificações de projeto;
  - ◇ Procedimentos que assegurem que os empregados da força de trabalho da manutenção e das contratadas sejam qualificados;

---

[82] A API RP 750 sugere a API Publ 2007 - *Safe Maintenance Practices in Refineries*.

◇ Procedimentos que assegurem que todas as modificações na tecnologia e na Planta sejam revistas de acordo com o elemento de gestão Gerenciamento de modificações, descrito no item 5.4.3.

- Programas de inspeção e teste que, de acordo com o item 8.5 daquele referencial, que contemplem:

◇ Especificação do método, equipamento, freqüência de inspeção e teste, limites aplicáveis e critérios de aceitação, conforme sugestão de Ozog e Stickles (1993) e, posterioremente, Esteves e Holanda (1996), conforme mostrado no Quadro 12

◇ Aplicação do procedimento nos equipamentos listados no sub-item1.1.1 acima;

◇ Procedimentos de teste e inspeção calcados em normas comumente aceitas;[83]

◇ Documentação de testes e inspeções completados, que deve ser retida durante a vida útil dos equipamentos durante a vida dos equipamentos;

◇ Procedimentos para corrigir deficiências e operações fora dos limites aceitáveis;

◇ Sistema de revisão e autorização de mudanças nos testes e inspeções.

1.1.1.2 - Elaborar modelo de padrão.

Desenvolver modelo de padrão onde informações para garantia de qualidade, para programas de manutenção preventiva e para teste e inspeção de equipamentos críticos são inseridas. Função derivada:

1.1.1.2.1 - Definir capítulos e assuntos.

Organizar capítulos, assuntos, etc., tendo como referencial o conteúdo mínimo das informações abordadas acima, para garantia de qualidade, para programas de manutenção preventiva e para teste e inspeção de equipamentos críticos, inserindo-as no modelo.

1.1.2 - Buscar informações.

Buscar informações para compor cada um dos três critérios, elaborando minuta de padrão para desencadear as ações requeridas. Funções derivadas:

1.1.2.1 - Compilar informações existentes;

---

[83] A API RP 750 sugere a norma API 510 - *Pressure Vessel Inspection Code Maintenance Inspection, Rating, Repair and Alteration* ou a *API - Guide for Inspection for Refinery Equipment. American Petroleum Institute, Washington, D.C., 1957 (out of print).*

1.1.2.2 - Consultar Gerências da UN sobre informações faltantes;

1.1.2.3 - Desenvolver informações faltantes.

1.1.2.1 - Compilar informações existentes.

Procurar documentação existente na Planta, por exemplo, fluxogramas de engenharia, folhas de dados de equipamentos, manuais, desenhos, etc., e entrevistando supervisores e operadores, catalogando as informações por ventura faltantes.

1.1.2.2 - Consultar Gerências da UN sobre informações faltantes.

Informações não localizadas na Planta devem ser solicitadas às Gerências da UN, das áreas de Qualidade, SMS, Logística, Engenharia, Construção e Montagem, Manutenção, documentação, etc.

1.1.2.3 - Desenvolver informações faltantes.

Gerar informações que estão faltando com a força de trabalho da manutenção e inspeção, para descrever com fidelidade todas as etapas de suas tarefas diárias.

1.1.3 - Organizar informações.

Desenvolver procedimento com informações recebidas das gerências da Sede da UN. Funções derivadas:

1.1.3.1 - Incorporar informações ao modelo;

1.1.3.2 - Definir arquivos.

1.1.3.1 - Incorporar informações ao modelo.

As informações recebidas devem ser incluídas no modelo do padrão desenvolvido no sub-item 1.1.1.2. Função derivada:

1.1.3.1.1 - Aprovar padrão.

Obter aprovação formal do Gerente da Planta preenchendo campos necessários.

1.1.3.2 - Definir arquivos.

Identificar meio de arquivar os padrões, com autorização da Supervisão.

1.2 - Treinar a força de trabalho da manutenção, teste e inspeção.

O Gerente da Planta deve providenciar treinamento necessário a atualizar e capacitar a força de trabalho da manutenção e inspeção. Função derivada:

1.2.1 - Providenciar treinamento.

O Gerente da Planta se articula com a Gerência de recursos humanos e define um calendário para treinar a força de trabalho.

1.3 - Implantar padrões para garantia da qualidade na fabricação, montagem, manutenção, teste e inspeção;

Definido e aprovado os procedimentos para a garantia da qualidade e integridade mecânica de equipamentos críticos é então estabelecido o início da implantação desses procedimentos.

1.4 - Atualizar informações.

Quando houver modificações na Planta, por evolução tecnológica, por mudança mecânica ou por alteração na força de trabalho, o Gerente da Planta deve solicitar revisão de acordo com o elemento de gestão Gerenciamento de modificações, constante do item 5.4.3. Funções derivadas:

1.4.1 - Revisar padrão;
1.4.2 - Obter autorização.

1.4.1 - Revisar padrão.

O padrão deve ser revisado e atualizado para melhoria contínua do conteúdo técnico. Revisões no âmbito da Planta devem ser realizadas pelo próprio pessoal de manutenção e inspeção. Revisões que atinjam o nível corporativo da Empresa são solicitadas à Gerência de Normas Técnicas, avaliando o conteúdo das recomendações.

1.4.2 - Obter autorização.

Após as revisões terem sido feitas, é necessário se obter aprovação formal do Gerente da Planta ou Gerência superior, dependendo do nível de abrangência da revisão, preenchendo os campos necessários.

O Diagrama FAST para o elemento Garantia da qualidade e integridade mecânica de equipamentos críticos pode ser contemplado no Fluxograma 26 e a partir dele construiu-se o Diagrama de Atividades correspondente mostrado no Fluxograma 27. Ambas são apresentadas no Anexo A.

### 5.4.8 **Revisão de segurança na pré-operação**

#### 5.4.8.1 Introdução

Consoante com o item 9 da API RP 750, Revisão de segurança na pré-operação devem ser realizadas em Plantas novas e modificadas, de modo a confirmar se os requisitos relativos à construção e montagem da Planta estão de acordo com as especificações, se os procedimentos de segurança, operação, manutenção e de resposta a emergências estão disponibilizados e são consistentes e adequados, se as recomendações das ARP's foram consideradas, e se são apropriadas e foram terminadas.

#### 5.4.8.2 Objetivo

Realizar revisão de segurança na pré-operação de Plantas novas e modificadas.

#### 5.4.8.3 Desenvolvimento da estrutura

Função básica:

- 1 - Realizar revisão de segurança na pré-operação de Plantas novas e modificadas.

  Funções derivadas:

  1.1 - Identificar atividades da pré-operação;

  1.2 - Elaborar padrão de revisão de segurança;

  1.3 - Treinar força de trabalho da operação;

  1.4 - Efetuar revisão de segurança.

1.1 - Identificar atividades da pré-operação.

As modificações de processos e sistemas devem ser consideradas nas revisões de segurança da pré-operação de Plantas novas e modificadas, levando em conta o critério para

identificá-las estabelecido no elemento Gerenciamento de modificações, constante do item 5.4.3.

1.2 - Elaborar padrão de revisão de segurança.

O Gerente da Planta providencia a elaboração de padrão formal para realizar revisão de segurança na pré-operação. Funções derivadas:

1.2.1 - Designar equipe;

1.2.2 - Organizar padrão gerado;

1.2.3 - Formalizar padrão gerado;

1.2.4 - Obter aprovação.

1.2.1 - Designar equipe.

Designar equipe com profissionais das áreas de operação, engenharia, manutenção, inspeção, segurança, qualidade, planejamento e meio ambiente, para desenvolver os padrões.

1.2.2 - Organizar padrão gerado.

Os padrões para a revisão de segurança na pré-operação devem ser organizados, formalizados e aprovados, com nuances características. Funções derivadas:

1.2.2.1 - Cotejar com o projeto de detalhamento;

1.2.2.2 - Verificar recomendações das ARP's;

1.2.2.3 - Verificar padrão;

1.2.2.4 - Inspecionar a Planta.

1.2.2.1 - Cotejar com o projeto de detalhamento.

As Plantas novas ou modificadas devem ser inspecionadas para se verificar se estão de acordo com o projeto de detalhamento e se a montagem foi realizada conforme as especificações.

1.2.2.2 - Verificar recomendações das ARP's.

As modificações introduzidas com recomendações feitas nas ARP's constantes do item 5.4.2 necessitam serem aprovadas formalmente pelo Gerente da Planta ou Gerência superior.

1.2.2.3 - Verificar padrão.

O Gerente da Planta deve providenciar a verificação se os Procedimentos de operação, emergência, segurança, inspeção e manutenção são adequados e se estão disponíveis na Planta, antes de sua partida.

1.2.2.4 - Inspecionar a Planta.

Inspecionar a Planta com o objetivo de verificar a existência e localização de:

- Equipamentos críticos de segurança;
- Válvulas de difícil acesso, difícil operação e distantes da casa de controle;
- Saídas de emergência;
- *Vents* e drenos;

1.2.3 - Formalizar padrão gerado.

Depois de gerados, os padrões necessitam serem emitidos formalmente.

1.2.4 - Obter aprovação.

Obter aprovação do Gerente da Planta ou da Gerência superior para que o padrão seja implantado em Plantas novas e modificadas e em fase de pré-operação.

1.3 - Treinar força de trabalho da operação.

O Gerente da Planta providencia programa de treinamento para a atualizar a força de trabalho da operação envolvida na pré-operação. Função derivada:

1.3.1 - Providenciar treinamento.

O Gerente da Planta se articula com as Gerências para efetivar o treinamento da força de trabalho da operação.

1.4 - Efetuar revisão de segurança.

Efetuar a revisão de segurança na pré-operação após aprovação dos padrões.

O Diagrama FAST para o elemento de gestão de Revisão de segurança na pré-operação pode ser contemplado no Fluxograma 28 e a partir dele construiu-se o Diagrama de Atividades correspondente mostrado no Fluxograma 29. Ambas são mostradas no Anexo A.

### 5.4.9 **Controle e resposta a emergência**

#### 5.4.9.1 Introdução

Conforme itens 10.1, 10.2 e 10.3 da API RP 750, deve ser estabelecido para a Planta um plano de ação de controle e resposta a emergência e um centro de controle de emergências, devendo o plano ser consentâneo com a legislação vigente.

#### 5.4.9.2 Objetivo

Estabelecer diretrizes para elaborar o plano de controle e resposta a emergência e implantar, equipar e operacionalizar o centro de controle de emergências.

#### 5.4.9.3 Desenvolvimento da estrutura

Função básica:

Estabelecer diretrizes de como deve ser elaborado o plano de controle e resposta a emergência, implantar, equipar e operacionalizar o centro de controle de emergências, ou, abreviadamente:

- 1 - Estabelecer diretrizes.

Funções derivadas:

1.1 - Elaborar o plano;

1.2 - Selecionar equipes;

1.3 - Implantar o plano;

1.4 - Atualizar informações.

1.1 - Elaborar o plano.

O Gerente da Planta deve providenciar a elaboração do plano, emitindo-o formalmente. Funções derivadas:

1.1.1 - Definir tipos de emergência;

1.1.2 - Adotar referenciais;

1.1.3 - Buscar informações;

1.1.4 - Organizar informações;

1.1.5 - Avaliar necessidade de se implantar o centro de controle e resposta a emergência;

1.1.6 - Estabelecer seqüência de notificação da emergência.

1.1.1 - Definir tipos de emergência.

Conforme abordado no item 2.8.9 - Controle e resposta a emergência (*Emergency Response and Control*), na estrutura deste elemento de gestão que ora é desenvolvida optou-se, por exemplo, por ilustrar o mapeamento usando um tipo de critério que segundo Lebarbenchon, Simplício, Esteves, Holanda e Silva (1997) considera emergências classificadas por um outro critério - escalonamento de complexidade, e não o da fenomenologia dos efeitos físicos arrolados nos diversos cenários de acidente apresentado naquele item. Qualquer um dos dois, ou até mesmo a combinação entre ambos, pode ser adotada na elaboração de um plano de emergência.

Segundo o critério de escalonamento de complexidade, emergências são consideradas como eventos com probabilidade de evolução rápida, extrapolando limites usuais dos desvios de operação para os quais ações preventivas podem ser ineficazes, sendo necessário lançar mão de planos de contingência, de acordo com o escalonamento de complexidade 1, 2 e 3, a saber:

- Escala 1: refere-se aos acidentes circunscritos aos limites de bateria da Planta, ou que tendo ocorrido em suas imediações e que não tenha galgado outras Plantas próprias ou de terceiros; Acidentes desse tipo são controlados pelo Plano Local de controle e resposta a emergência da própria Planta. O uso eventual de recursos oriundos de fora da Planta não é considerado para acionar um Plano Regional que abranja o complexo petroquímico;
- Escala 2: envolve acidentes cujos efeitos extrapolam os limites de bateria da Planta e causam impactos em comunidades, serviços de utilidade pública, e outras atividades próprias ou de terceiros. Esse escalonamento demanda o Plano Regional, com todos os recursos disponíveis no complexo petroquímico, ao qual se agregam recursos de Órgãos públicos e particulares de terceiros;

- Escala 3: contempla acidentes catastróficos, calamidades, demandando intervenção a nível governamental municipal, estadual ou federal, escalonando a mobilização no nível de um Plano Governamental.

1.1.2 - Adotar referenciais.

Elaborar o plano de controle e resposta a emergência conforme, por exemplo, as seguintes referências, recomendadas na API RP 750:

- *Employee Emergency Plans and Fire Prevention Plans [29 Code of Federal Regulations, Section 1910.38 (a)];*
- *Hazardous Waste Operations and Emergency Response [29 Code of Federal Regulations, Section 1910.120];*
- *Fire Brigades [29 Code of Federal Regulations, Section 1910.156];*
- *A Guide to Contingency Planning for Oil Spills on Water* - IPIECA *Report Series Volume two. International Petroleum Industry Environmental Conservation Association - 1991.*

Funções derivadas:

1.1.2.1 - Incorporar informações mínimas;

1.1.2.2 - Elaborar modelo de padrão.

1.1.2.1 - Incorporar informações mínimas.

O plano deve incluir as seguintes informações mínimas:

- Lista com telefones dos Gerentes das Plantas;
- Lista com telefones das Plantas participantes do plano de auxílio mútuo;
- Listas de Órgãos públicos a serem comunicados;
- Plantas de situação mostrando locações de Planta de processo e comunidades vizinhas e *layout* da Planta de processo;
- Planos de ação específicos de isolamento de áreas e controle de vazamentos contemplados nos cenários de acidente conforme elemento de gestão Avaliação dos riscos de processo (ARP) constante do item 5.4.2, e que alcancem as Escalas 1,2 e 3, descritas no sub-item 1.1.1 acima.
- Lista e localização de equipamentos de emergência da Planta e do auxílio mútuo;
- Fluxogramas e locação dos sistemas de combate a incêndio;
- Iluminação e comunicação de emergência;
- Informações técnicas de produtos manuseados, por exemplo, FISPQ's;

- Dados meteorológicos.

    Função derivada:

    1.1.2.1.1 - Consultar Gerências da UN;

    Consultar Gerências da UN-Sede, caso haja dificuldade de localizá-las na Planata.

1.1.2.2 - Elaborar modelo de padrão.

Desenvolver um modelo organizado em capítulos, itens, etc., do plano de controle e resposta a emergência, com base nas referências acima mencionadas definindo o conteúdo mínimo de informações, conforme mencionado nos itens 1.1.2 e 1.1.2.1 acima.

1.1.3 - Buscar informações.

Procurar dados e informações e elaborar minuta para comentários. Funções derivadas:

1.1.3.1 - Compilar informações existentes.

Procurar documentação existente na Planta, por exemplo, fluxogramas de engenharia, manual de operação, entrevistando supervisores e operadores, catalogando as informações sobre equipamentos, recursos humanos, logística, comunicações e as informações por ventura faltantes.

1.1.4 - Organizar informações.

As informações compiladas na Planta devem ser organizadas para que possam formar um plano de controle e resposta a emergência. Funções derivadas:

1.1.4.1 - Incorporar informações no modelo de padrão;

1.1.4.2 - Definir arquivos.

1.1.4.1 - Incorporar informações no modelo de padrão.

As informações devem ser incorporadas no modelo de padrão de plano de contingência para controle e resposta a emergência, conforme apresentado no sub-item 1.1.2.2 acima.

1.1.4.2 - Definir arquivos.

Identificar meio de arquivar o padrão, com autorização da Supervisão. O plano de controle e resposta a emergência é arquivado na Planta sob guarda do Gerente da Plana e em local de acesso fácil a toda a força de trabalho.

1.1.5 - Avaliar necessidade de se implantar o centro de controle e resposta a emergência.

As Gerências superiores avaliam se é necessário implantar e equipar o centro de controle e resposta a emergência para auxiliar a Planta, levando em conta suas especificidades, importância estratégica da Planta no complexo petroquímico, logística de movimentação dos recursos, dificuldades de acesso, magnitude das conseqüências dos acidentes, etc. O centro deve ser equipado com as informações mínimas contempladas no item 1.1.2.1 acima.

1.1.6 - Estabelecer seqüência de notificação da emergência.

O Gerente da Planta e as Gerências superiores definem a seqüência mais adequada para notificar as emergências, compatível com requisitos legais municipais, estaduais e federais e do Órgão de controle ambiental, a prática operacional da Planta, e conforme os referenciais mencionados no sub-item 1.1.2 acima.

1.2 - Selecionar equipes.

Identificar na força de trabalho da Planta que empregados tem habilidades e perfil para participar voluntariamente como brigadista no plano. Funções derivadas:

1.2.1 -Treinar equipe.

O Gerente da Planta providencia treinamento da equipe das brigadas. Função derivada:

1.2.1.1 - Providenciar treinamento.

O Gerente da Planta deve se articular com as Gerências que promover treinamento das brigadas, dotando o treinamento com os recursos necessários.

1.3 - Implantar o plano.

Após ter sido gerado o padrão e estabelecido o plano de controle e resposta a emergência, definir o início de sua implantação. Funções derivadas:

1.3.1 - Divulgar o plano;

1.3.2 - Realizar simulados.

1.3.1 - Divulgar o plano.

Divulgar o plano nas reuniões dos Comitês de SMS e Operação para estabelecer compromisso visível da liderança e efetivo engajamento de toda a força de trabalho da Planta nos simulados de emergências reais.

1.3.2 - Realizar simulados.

Realizar simulados de emergência periódicos, avaliando a adequação dos mesmos com relação à realidade dos acontecimentos. A freqüência dos simulados é definida mediante critérios que levem em conta as especificidades e a importância estratégica da Planta no complexo petroquímico, logística de movimentação dos recursos, dificuldades de acesso, magnitude das conseqüências dos acidentes, a imagem da Empresa, etc.

1.4 - Atualizar informações.

Revisar periodicamente as rotinas de controle e resposta a emergência, sempre que houver modificações na Planta, conforme abordado no elemento Gerenciamento de modificações, constante do item 5.4.3. Essas revisões devem assegurar que o plano represente a rotina a ser adotada em uma emergência real. A freqüência de revisão deve ser periódica e compatível com o nível de risco da Planta.

O Diagrama FAST para o elemento de gestão Controle e resposta a emergência pode ser contemplado no Fluxograma 30 e a partir dele construiu-se o Diagrama de Atividades correspondente mostrado no Fluxograma 31. Ambos são mostrados no Anexo A.

### 5.4.10 **Investigação de acidentes relacionados com o processo**

#### 5.4.10.1 Introdução

Segundo os itens 11.1, 11.2 3 11.3 da API RP 750, acidentes que redundem em ou possam razoavelmente ter causado vazamento catastrófico deve ser investigado. A investigação deve ser iniciada tão prontamente quanto possível e formalizada em questão de dias, e a equipe que dela participa deve entender e compreender todos os aspectos do processamento. A essa equipe devem ser conferidos privilégios de acesso a toda a

documentação arrolada na apuração do acidente. É também de fundamental importância preservar o local e as evidências ou provas.

5.4.10.2 Objetivo

Conforme a API RP 750, item 11.2, a investigação do acidente remete à identificação da natureza do mesmo, aos fatores que contribuíram para ele acontecer, e à obtenção de recomendações de modificações a serem feitas na Planta.

5.4.10.3 Desenvolvimento da estrutura

Função básica:

- 1 - Investigar acidentes relacionados com o processo.

Funções derivadas:

1.1 - Nomear o coordenador e a comissão de investigação;

1.2 - Averiguar o acidente;

1.3 - Emitir relatório com os resultados da apuração;

1.4 - Assegurar implementação das modificações sugeridas.

1.1 - Nomear o coordenador e a comissão de investigação.

A Gerência Geral no uso de suas atribuições nomeia um coordenador e os membros da comissão. O coordenador deve possuir *expertise* para investigar o acidente e ser profundo conhecedor do processo da Planta.

1.2 - Averiguar o acidente.

Estabelecer ações com o fito de obter e conhecer fatos, dados e informações relacionados com o acidente, considerando:

- Natureza do acidente;
- Fatores que contribuam para o acidente;

- Modificações recomendadas como resultado da averiguação para serem introduzidas na Planta.

  Funções derivadas:

  1.2.1 - Buscar fatos, dados, evidências e informações;

  1.2.2 - Reconstituir o acidente da maneira mais fiel possível;

  1.2.3 - Identificar as causas do acidente.

1.2.1 - Buscar fatos, dados, evidências e informações;

A comissão de investigação visita o local do acidente para colher as melhores evidências, provas materiais e circunstanciais, dados e informações, estabelecendo ações paralelas para:

- Isolar a área;
- Fotografar e filmar a cena onde ocorreu o acidente logo após;
- Solicitar os fluxogramas de engenharia e o *lay out* da Planta;
- Fazer medições, anotações, desenhos, etc.
- Tomar formalmente os depoimentos dos acidentados e testemunhas;
- Anotar fatos (datas, registros nos instrumentos e controladores da Planta, posições de válvulas, réguas de medição de níveis, etc.);

1.2.2 - Reconstituir o acidente da maneira mais fiel possível.

A comissão de investigação simula no local as condições da forma mais fiel possível, os fatos e dados ocorridos e arrolados no momento do acidente, registrando todo o levantamento feito.

1.2.3 - Identificar as causas do acidente.

A comissão lista as causas prováveis que redundaram no acidente. Esta etapa é fundamental, pois afetará diretamente o resultado da investigação e as modificações que serão propostas.

1.3 - Emitir relatório com os resultados da apuração.

Compor o relatório da apuração com os resultados encontrados através de texto conclusivo acompanhado de fotos, tabelas, plantas, desenhos, documentos técnicos produzidos para consubstanciar cientificamente as hipóteses adotadas e as conclusões obtidas

sobre as prováveis e possíveis causas, finalizando com a proposição de recomendações de mudanças a serem introduzidas na Planta de modo a evitar que o acidente se repita. O relatório deve, necessariamente, ter um anexo contendo os depoimentos tomados no curso das investigações. O relatório deve ser disponibilizado formalmente e divulgado na Empresa. Funções derivadas:

1.3.1 - Elaborar o relatório;

1.3.2 - Analisar recomendações;

1.3.3 - Divulgar resultados.

1.3.1 - Elaborar o relatório.

A comissão deve compilar e organizar as informações, depoimentos, etc., compondo, destarte, um relatório de investigação completo. A comissão emite o relatório.

1.3.2 - Analisar recomendações.

Analisar as recomendações de modificações a serem introduzidas na Planta, antes de serem emitidas no relatório final, mediante critérios. Funções derivadas:

1.3.2.1 - Cotejar conformidade das modificações;

1.3.2.2 - Utilizar critério de “risco x custo x benefício”, “risco x custo x efetividade”, etc.;[84]

1.3.2.3 - Emitir recomendações;

1.3.2.4 - Acompanhar implementação das modificações;

1.3.2.1 - Cotejar conformidades.

Cotejar conformidades das modificações oriundas da investigação com normas, melhores práticas e padrões existentes na Empresa e na UN, através de consulta formal as Gerências da UN-Sede, evitando-se adotar modificações não conformes.

1.3.2.2 - Utilizar critério “risco x custo x benefício”, “risco x custo x efetividade” etc.

Hierarquizar as modificações propostas na investigação do acidente segundo um critério, por exemplo, sugerido por Esteves (1996), Esteves e Holanda (1996) e Oliveira, Lima, Esteves e Assis (1999), “risco x custo x benefício”, “risco x custo x efetividade”, ou o

[84] De acordo com item 2.8.2 - Análise de riscos de processo (ARP), com o AIChE (2000, p. 28) e utilizado por Esteves (1996) e Oliveira, Lima, Esteves e Assis (1999).

critério de ALARP[85], de modo a balizar a atuação da Gerência da UN, quanto à maneira menos subjetiva possível para adotar as melhorias recomendadas.

1.3.2.3 - Emitir recomendações.

O coordenador da comissão edita as modificações recomendadas pela investigação do acidente depois de avaliadas quanto à sua pertinência e conformidade e as emite no corpo do relatório final.

1.3.2.4 - Acompanhar implementação das modificações.

Acompanhar sua efetiva implementação, definindo responsáveis, prazos e alocação de recursos.

1.3.3 - Divulgar resultados.

O coordenador da investigação divulga o relatório e suas recomendações na UN, a seu Gerente Geral, às Gerências de SMS, Produção, Gerentes de Planta e outras Gerências indiretamente envolvidas, por vídeo-conferência, palestras, etc., de modo a aproveitar as lições obtidas em outras Plantas de processo. Funções derivadas:

1.3.3.1 - Arquivar resultados.

Arquivar os resultados da apuração na Planta, para que sejam usados futuramente em novas ARP's. O Supervisor da operação é responsável pelo cadastramento das informações do acidentes relacionado com o processo no servidor corporativo da Empresa.

1.4 - Assegurar implementação das modificações sugeridas.

Assegurar a implementação das modificações sugeridas de modo este elemento de gestão do GRP esteja completamente realizado, garantindo assim sua efetividade. O coordenador da comissão envia formalmente as recomendações ao Gerente do Ativo de Produção que acompanha esse processo. Funções derivadas:

1.4.1 - Realizar auditoria periódica;

1.4.2 - Informar as Gerências.

---

[85] Segundo FLEISHMAN e HOGH (1989 e 1991), *"ALARP"* (*As Low As Reasonably Practible*) ("Tão baixo quanto possa ser razoavelmente praticável"), ou seja, as modificações introduzidas na Planta devem mitigar os riscos até o limite máximo permitido, desde que "razoavelmente praticável", conforme item 4.2 - Base de conteúdo da modelagem para cálculo dos riscos.

1.4.1 - Realizar auditoria periódica;

O Gerente do ATP define também freqüência e prazos para a verificação da efetividade do andamento das ações, independentemente dos prazos estabelecidos para a conclusão das tarefas. O prazo usualmente praticado na Empresa “E” é de um mês para o Gerente do Ativo realizar auditoria com o Gerente da Planta sobre o andamento e execução das recomendações.

1.4.2 - Informar as Gerências.

O Gerente da Planta informa às Gerências do ATP e de outras Gerências de áreas funcionais da UN quando a implementação das modificações ultrapassarem prazos definidos.

O Diagrama FAST para o elemento de gestão Investigação de acidentes relacionados com o processo pode ser contemplado no Fluxograma 32 e a partir dele construiu-se o Diagrama de Atividades correspondente mostrado no Fluxograma 33. Ambos são apresentados no Anexo A.

### 5.4.11 **Auditoria do sistema de GRP.**

#### 5.4.11.1 Introdução

Segundo o item 12.1 da API RP 750, os dez elementos de gestão apresentados anteriormente de 5.4.1 a 5.4.10, devem ser objeto de auditorias periódicas para assegurar efetividade de seu desempenho. A equipe de auditores deve ser composta de um ou mais componentes suficientemente familiarizado com o processo e outras especialidades julgadas necessárias. É sugerido um intervalo entre 3 a 5 anos.

#### 5.4.11.2 Objetivo

Realizar auditoria do GRP nos onze elementos de gestão de modo a assegurar seu desenvolvimento, mantendo o nível de comprometimento com os objetivos traçados para esse processo.

5.4.11.3 Desenvolvimento da estrutura

Função básica:

- 1 - Realizar auditorias no GRP.

Funções derivadas:

1.1 - Selecionar a Planta;

1.2 - Designar equipe de auditores;

1.3 - Realizar auditoria na Planta;

1.4 - Emitir relatório da auditoria;

1.5 - Assegurar implementação das recomendações.

1.1 - Selecionar a Planta.

Toda Planta onde o GRP foi adotado são passíveis de receber auditoria. A auditoria do GRP deve ser realizada por Gerência não que não faça parte da linha do processo, e deve ser selecionar que Planta deve ser auditada. Função derivada:

1.1.1 - Programar a auditoria.

Informar a Planta a ser auditada e estabelecer a logística necessária, como, por exemplo, recepção dos auditores, providenciar documentação, etc.

1.2 - Designar equipe de auditores.

O Gerente do Ativo de Produção designa equipe de auditores composta por técnicos das áreas de operação, processo, engenharia, SMS, manutenção, inspeção, etc., e um líder que conheça sobre sistemas de gestão de riscos.

1.3 - Realizar auditoria na Planta;

Realizar auditoria, mediante entrevista, acesso à documentação, busca de evidências, observação, etc. Funções derivadas:

1.3.1 - Consultar documentos;

1.3.2 - Observar comportamentos.

1.3.1 - Consultar documentos.

Os auditores devem buscar evidências e fatos para comprovar que o GRP esteja sendo implantado em seus onze elementos.

1.3.2 - Observar comportamentos.

Os auditores devem observar através de entrevistas se a prática operacional reflete, de fato, os documentos mostrados.

1.4 - Emitir relatório da auditoria.

Os resultados da auditoria devem se divulgados, espelhando o que foi encontrado. Funções derivadas:

1.4.1 - Emitir relatório;

1.4.2 - Avaliar recomendações;

1.4.3 - Divulgar resultados.

1.4.1 - Emitir relatório.

Divulgar os resultados encontrados espelhando a real situação da Planta no que tange aos elementos de gestão.

1.4.2- Avaliar recomendações.

Avaliar as recomendações da auditoria antes de serem divulgadas. Funções derivadas:

1.4.2.1 - Cotejar conformidades;

1.4.2.2 - Emitir recomendações

1.4.2.1 - Confrontar conformidades.

Cotejar conformidades das recomendações oriundas com normas, melhores práticas e padrões existentes na Empresa e na UN com as estruturas do GRP detalhadas anteriormente nos itens de 5.4.1 a 5.4.10 acima, evitando-se adotar recomendações não conformes.

1.4.2.2 - Emitir recomendações.

A equipe de auditores edita as recomendações originadas na auditoria depois de avaliadas quanto à sua pertinência e as emite em relatório final.

1.4.3 - Divulgar resultados.

Os auditores divulgam o relatório da auditoria com as recomendações na UN, a seu Gerente Geral, às Gerências de SMS, Produção, Gerente da Planta e outras Gerências imediatamente envolvidas. Funções derivadas:

1.4.3.1 - Arquivar resultados.

Arquivar os resultados da auditoria do GRP na Planta até auditoria seguinte. O Supervisor da operação é responsável pelo cadastramento das informações da auditoria no servidor corporativo da Empresa.

1.5 - Assegurar implementação das recomendações.

Assegurar a implementação das recomendações sugeridas de modo que este elemento de gestão do GRP esteja completamente realizado, garantindo assim sua efetividade. O auditor líder envia formalmente as recomendações ao Gerente do Ativo de Produção que acompanha esse processo. Funções derivadas:

1.5.1 - Realizar auditorias periódicas;

1.5.2 - Informar as Gerências.

1.5.1 - Realizar auditorias periódicas.

O Gerente do ATP define também os responsáveis, freqüência e prazos para a verificação da efetividade do andamento das ações, independentemente dos prazos estabelecidos para a conclusão das tarefas. O prazo usualmente praticado na Empresa "E" é de um mês para o Gerente do Ativo realizar auditoria com o Gerente da Planta sobre o andamento das recomendações.

1.5.2 - Informar as Gerências.

O Gerente da Planta informa às Gerências do ATP e outras Gerências da UN quando a implementação das recomendações ultrapassarem prazos estabelecidos.

O Diagrama FAST para o elemento de gestão Auditoria do sistema de GRP pode ser contemplado no Fluxogrma 34 e a partir dele construiu-se o Diagrama de Atividades correspondente mostrado no Fluxograma 35. Ambos podem ser vistas no Anexo A.

# 6 RESULTADOS OBTIDOS COM A APLICAÇÃO DA METODOLOGIA ESTRUTURADA DE GRP NA PLANTA DE PROCESSAMENTO DE GÁS - PPG/ORION

Em síntese, este capítulo trata de três aspectos: 1) a contextualização de como os resultados encontrados no desenvolvimento metodologia estruturada foram aplicados nessa Planta de processo; 2) explicitação dos objetivos da pesquisa, e 3) a aplicação dos questionários abrangendo os onze elementos e gestão.

## 6.1 INTRODUÇÃO

Segundo Lebarbenchon, Simplício, Esteves, Holanda e Silva (1997), o primeiro passo para aplicação e validação da metodologia de um GRP é realizar um diagnóstico inicial na Planta de processo e proceder a um mapeamento das áreas onde existem deficiências e não-conformidades.

De acordo com os resultados obtidos no item 5.4 - Detalhamento da metodologia estruturada de GRP por elemento de gestão, fez-se necessário criar questionários específicos para cada um dos onze elementos de gestão fundamentados nesses requisitos, organizados e dispostos sob forma de *checklists*. Tais questionários são mostrados no Anexo B, numerados como Quadros de 36 a 46, como mencionado.

Na PPG/ORION foram utilizados documentos e informações para compor seu diagnóstico, obtido mediante visitas e reuniões na Sede da UN e na Planta de processo. Os questionários foram aplicados, e baseado nessas entrevistas e observações, foram levantadas deficiências e não-conformidades aparentes.

Os insumos para o presente trabalho foram obtidos através das respostas a esses questionários colhidos durante as visitas realizadas à Planta de processo. No caso presente, essa avaliação incluiu a apreciação da documentação, entrevistas com as equipes, depoimentos da força de trabalho lotada na PPG/ORION e a verificação dos registros, levando em conta não somente se os procedimentos estavam adequados e se a documentação existente satisfazia às exigências da API RP 750, mas também, se estavam atualizados e refletiam a prática operacional cotidiana.

## 6.2 OBJETIVO

Obter junto à Planta de processo, o diagnóstico da situação atual da PPG/ORION nos onze elementos de gestão e as informações necessárias ao desenvolvimento e implantação do GRP.

Para verificar a aplicabilidade do GRP na PPG/ORION, foi necessário seguir a metodologia concebida no Capítulo 5 - Da metodologia estruturada para GRP em cada um de seus onze elementos de gestão, detalhados nos itens 5.4.1 a 5.4.11, buscando com o presente diagnóstico identificar que informações, métodos, procedimentos, etc., que a Planta de processo já dispõe, e se eles são aderentes às recomendações do GRP.

Para a Planta de processo, destaca-se a definição dos parâmetros operacionais críticos e o levantamento dos inventários e consumos de insumos básicos usados no processo.

## 6.3 OS ONZE ELEMENTOS DE GESTÃO

### 6.3.1 **Informações sobre segurança de processo**

- Foram encontradas na PPG/ORION, *layouts*, plantas de situação, fluxogramas de processo e de engenharia e existe cadastramento sistemático das instalações para manter atualizada a documentação, que é disponibilizada em meio eletrônico no servidor da UN. Está sistematizado o processo de registro das modificações realizadas;
- Não foram encontradas evidências de existir método sistematizado e formal para coleta, atualização e compilação de informações sobre o projeto de processamento e projeto mecânico;
- Não foram encontradas evidências de existir método estruturado para coleta e atualização das informações sobre produtos, materiais e substâncias perigosas, nas Fichas de Informação de Dados de Segurança de Produtos Químicos - FISPQ. As informações, no entanto, atendem as recomendações deste item. A Planta nas compras que realiza, requer o fornecimento dessas informações;
- No item 6.3.5 - Práticas de trabalho seguro, é apresentada lista dos insumos básicos da PPG/ORION, necessários à complementação das informações requeridas neste item.
- No Quadro 26 é apresentada a lista de equipamentos e parâmetros operacionais críticos dos equipamentos mais importantes da Planta. Recomendou-se que esses equipamentos sejam tidos como prioritários conforme item 5.4.7 - Garantia de qualidade e integridade mecânica de equipamentos críticos.

<table>
<tr><th>EQUIPAMENTO[86]</th><th>PARÂMETRO OPERACIONAL CRÍTICO[87]</th><th>DISPOSITIVO DE CONTROLE</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Torres de Processamento I, II e III.</td><td>Pressão</td><td>• Indicador local<br>• Indicador, controlador e registrador na sala de controle<br>• Válvulas de segurança</td></tr>
<tr><td>Nível</td><td>• Indicador local<br>• Controlador local<br>• Visor local de nível alto</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Compressores de Gás</td><td>Pressão</td><td>• Indicador e registrador<br>• Válvulas de segurança</td></tr>
<tr><td>Nível dos Scrubbers da descarga</td><td>• Visor de nível alto local<br>• Alarme de nível alto na sala de controle<br>• Controlador de nível<br>• Desligamento por nível alto</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Compressores de processo</td><td>Pressão</td><td>• Indicador e registrador<br>• Válvulas de segurança<br>• Controladores</td></tr>
<tr><td>Nível dos Scrubbers da descarga</td><td>• Visor de nível alto local<br>• Alarme de nível alto na sala de controle<br>• Controlador de nível<br>• Desligamento por nível alto</td></tr>
<tr><td>Fornalha</td><td>Temperatura</td><td>• Indicador de parada na sala de controle e no campo</td></tr>
</table>

[86] A identificação dos equipamentos e produtos finais ”P” e “Q” foi modificada para preservar os interesses da Empresa “E”.
[87] A identificação dos insumos “A” e”B” foi modificada para preservar os interesses da Empresa “E”.

| | Vazão do insumo “A” | • Registrador e controlador em sala de controle<br>• Alarme de parada |
|---|---|---|
| | Vazão do insumo “B” | • Visor de vazão alta local<br>• Indicador, controlador e registrador na sala de controle<br>• Alarme de parada |
| Tanques de armazenamento de produto final “P” | Pressão | • Indicador local<br>• Controlador local<br>• Válvulas de segurança |
| | Nível | • Indicador local de nível alto e baixo |
| Tanques de armazenamento de produto final “Q” | Nível | • Indicador local de nível alto e nível baixo |

**Quadro 26 -** Equipamentos e parâmetros operacionais críticos da PPG/ORION.
Fonte: Lebarbenchon, Simplício, Esteves, Holanda e Silva (1997).
Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

### 6.3.2 Análise de riscos de processo (ARP)

- Existe metodologia estruturada para realizar ARP’s na PPG/ORION;
- Há pessoal treinado na Planta nas técnicas de APR e/ou HAZOP;
- A Planta realizou ARP em 1999 e atualizou as Diretrizes Básicas para elaboração de plano de contingência, conduzido por pessoal treinado da UN-Sede, com consultoria da área corporativa.

### 6.3.3 Gerenciamento de modificações

- Existem procedimentos formais na PPG/ORION para gerenciar modificações na tecnologia e na Planta, de grande e pequeno porte e modificações na força de trabalho;
- As modificações realizadas na PPG/ORION consideradas de grande porte, na tecnologia e na Planta, tiveram seus riscos previamente analisados, conforme abordado no item 5.4.4 - Procedimentos de operação, sub-item 1.3.2, 1.3.2.1 e 1.3.3.1. Mudanças realizadas:
    - ◇ Mudança do controle de temperatura do fundo da torre de processamento I;
    - ◇ Instalação de *by-pass* na linha do insumo básico “B”;
    - ◇ Substituição do medidor de nível do tanque nº 1 de armazenamento do produto “P” de mecânico para digital;

◇ Instalação de novos dispositivos de medição;

### 6.3.4 **Procedimentos de operação**

- Existem procedimentos de operação formais na PPG/ORION;
- A Gerência de Engenharia atualiza os procedimentos na própria rede computacional, conforme solicitação de cada usuário;
- As informações dos Procedimentos de Operação, Manual de Treinamento e Padrão Técnico de Processo, atendem parcialmente às recomendações do item 5.4.4 - Procedimentos de operação, sub-item 1.1.1, porém não foram atendidos os seguintes aspectos:

◇ Condições de operação em paradas de emergência: falta a menção dos cargos dos Supervisores ou Gerentes que possam dar início a essas operações;

◇ Aspectos de Higiene Industrial e Saúde Ocupacional e riscos à saúde acarretados por produtos perigosos usados no processo.

### 6.3.5 **Práticas de trabalho seguro**

- Existem recomendações e metodologias formais para práticas de trabalho seguro;
- Há Permissões de Trabalho e Normas de Manuseio de Produtos Perigosos;
- As Permissões de Trabalho atendem a maior parte das recomendações deste item, mas não atendem quanto ao uso de guindastes e recomendações para danos causados por esses equipamentos;
- A abrangência das Normas de Manuseio de Produtos Perigosos constantes do Manual de Treinamento atende parcialmente às recomendações. Não foi coberto: produtos usados no processo sejam enquadrados nas especificações de manuseio;
- Permissões de Trabalho e Manual de Treinamento estão disponíveis no sistema computacional da rede interna.

- O Quadro 27 mostra uma sugestão de como apresentar os consumos mensais médios dos insumos básicos e produtos (aditivos, produtos químicos para tratamento) usados no processo. Eles podem ser utilizados para verificar a efetividade das Normas de Manuseio de Produtos Perigosos, incluídas no volume Manual de Treinamento, e que fazem parte do controle e resposta a emergência, conforme contemplado no item 5.4.9 - Controle e resposta a emergência.

| INSUMOS BÁSICOS[88] | CONSUMO MENSAL MÉDIO ($m^3$) |
|---|---|
| Insumo "A" | xx |
| Insumo "B" | xx |
| Insumo "C" | xx |
| Diesel não especificado | xx |
| Gás de processo | xx |
| Produto químico "D" | xx |
| Produto químico "F" | xx |

**Quadro 27** - Insumos básicos e consumos mensais médios da PPG/ORION.
Fonte: Lebarbenchon, Simplício, Esteves, Holanda e Silva (1997). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

### 6.3.6 **Treinamento**

- Há evidências de haver critérios para treinar a força de trabalho da operação através de programa formal para a PPG/ORION;
- A programação é consolidada mediante documento de identificação de necessidades, disponibilizado na rede computacional interna, conforme diretrizes para a programação de treinamento para cada ano;
- O conteúdo e abrangência do programa de treinamento atualmente implantado não atende totalmente os requisitos prescritos para este item.

### 6.3.7 **Garantia da qualidade e integridade mecânica de equipamentos críticos**

[88] A identificação dos insumos "A", "B" e "C", e a dos produtos químicos "D" e "F" foram modificadas para preservar os interesses da Empresa "E".

- Não foram encontradas evidências de existirem procedimentos formais na PPG/ORION durante o projeto inicial, fabricação e instalação;
- Existem na Gerência de Engenharia de Detalhamento, Construção e Montagem e na Gerência de Engenharia de Manutenção procedimentos formais de manutenção preventiva, conforme requerido neste item;
- Foram encontradas evidências de que a Gerência de Engenharia de Manutenção tenha definido a metodologia para se elaborar padrões;
- No caso de equipamentos críticos, conforme explanado no item 5.4.7 - Garantia de qualidade e integridade mecânica de equipamentos críticos, sub-item 1.1.1, somente houve evidências da existência de padrões para vasos de pressão;
- O conteúdo e a abrangência da Ordem de Trabalho Padrão atende parcialmente às recomendações explanadas no item 5.4.7. Aspectos não atendidos: padrões de controle de qualidade para assegurar que materiais de manutenção, equipamentos de reserva e seus componentes, estejam conforme especificado; com a garantia de integridade dos equipamentos, conforme contemplado, por exemplo, norma API Publ 2007 *Safe Maintenance Practices in Refineries;*
- Foram encontrados métodos formais para teste e inspeção, mas não houve evidência da existência desses padrões para:
  - ◇ Tubulações críticas de processo;
  - ◇ Sistemas de emergência e parada;
  - ◇ Tubos de trocadores de calor;
  - ◇ Corta chamas, *vents* e drenos;
  - ◇ Inter-travamentos e alarmes;
  - ◇ Malhas de controles críticos;
- O conteúdo e abrangência da Rotina Departamental Interna de Inspeção atende os requisitos deste item, mas não existem padrões para correção de não conformidades e não se adota normas, como, por exemplo, API 510 *Pressure Vessel Inspection Code Maintenance Inspection, Rating, Repair and Alteration* e a *Guide for Inspection of Refinery Equipament, American Petroleum Institute, Washington, D.C., 1957 (out of print).*

### 6.3.8 **Revisão de segurança na pré-operação**

- Não foram encontradas evidências de existir procedimentos formais para a revisão de segurança na pré-operação;
- Para instalações novas, a Gerência de Engenharia Industrial e Automação realiza revisões de segurança, mas no caso de instalações modificadas elas não são efetuadas;
- Não foram encontradas evidências de existir instrução formal para realizar inspeções de campo nas revisões de segurança.

### 6.3.9 **Controle e resposta a emergência**

- Existe plano formal para controle e resposta a emergência;
- Existe brigada de combate a incêndio que atende também outras Plantas de processo no complexo petroquímico;
- Existe metodologia formal para notificação de emergências.

### 6.3.10 **Investigação de acidentes relacionados com o processo**

- Existe metodologia formal de investigação de acidentes;
- Foram encontrados relatórios de análise de acidentes, relatórios de ocorrências a normais, relatórios de acidentes com lesão e relatórios de não conformidades;
- Os relatórios de não conformidades atendem os requisitos do item 5.4.10, porém não está totalmente institucionalizado um sistema de conseqüências que assegure que as modificações de melhoria na Planta sejam implantadas e que haja divulgação dos resultados encontrados nas apurações dos acidentes, de modo a se incorporar lições obtidas em outras Plantas.

### 6.3.11 **Auditoria do sistema de GRP**

- Como ainda foi implementado nesta Planta um sistema de GRP, não foram encontradas evidências de existir um processo formal para realizar auditorias nesse processo.

# 7 RESULTADOS OBTIDOS COM A APLICAÇÃO DA METODOLOGIA ESTRUTURADA DE GRP NA PLANTA DE COMPRESSÃO DE GÁS - PCG/AQUILA

Em resumo, este capítulo trata de três aspectos: 1) a contextualização de como os resultados encontrados no desenvolvimento metodologia estruturada foram aplicados nessa Planta de processo; 2) explicitação dos objetivos da pesquisa, e 3) a aplicação dos questionários abrangendo os onze elementos e gestão.

## 7.1 INTRODUÇÃO

Segundo Lebarbenchon, Simplício, Esteves, Holanda e Silva (1997), o primeiro passo para aplicação e validação da metodologia de um GRP é realizar um diagnóstico inicial nas instalações operacionais e proceder a um mapeamento das áreas onde existem deficiências e não-conformidades.

De acordo com os resultados obtidos no item 5.4 - Detalhamento da metodologia estruturada de GRP por elemento de gestão, fez-se necessário criar questionários específicos para cada um dos onze elementos de gestão fundamentados nesses requisitos, organizados e dispostos sob forma de listas de verificação. Tais questionários são mostrados no Anexo B, numerados como Quadros de 36 a 46, como mencionado.

Na PCG/AQUILA foram também utilizados documentos e informações para compor seu diagnóstico, obtido mediante visitas e reuniões na Sede da UN e Planta de processo. Os questionários foram aplicados, e baseado nessas entrevistas e observações, foram levantadas deficiências e não-conformidades aparentes.

Os insumos para o presente trabalho foram obtidos através das respostas a esses questionários e das entrevistas e depoimentos colhidos durante as visitas realizadas à Planta de processo. No caso presente, essa avaliação incluiu a apreciação da documentação, entrevistas com as equipes de empregados lotados na PCG/AQUILA e a verificação dos registros, levando em conta não somente se os procedimentos estavam adequados e se a documentação existente satisfazia às exigências da API RP 750, mas também, se estavam atualizados e refletiam a prática operacional cotidiana.

## 7.2 OBJETIVO

Obter junto à Planta de processo, o diagnóstico da situação atual da PCG/AQUILA nos onze elementos de gestão e as informações necessárias ao desenvolvimento e implantação do GRP.

Para verificar a aplicabilidade do GRP na PCG/AQUILA, foi necessário seguir a metodologia concebida no Capítulo 5 – Da metodologia estruturada para GRP em cada um de seus onze elementos de gestão, detalhados nos itens 5.4.1 a 5.4.11, buscando com o presente diagnóstico identificar que informações, métodos, procedimentos, etc., a Planta de processo já dispõe, e eles são aderentes às recomendações do GRP.

Para a Planta de compressão, destaca-se a definição dos parâmetros operacionais críticos e o levantamento dos inventários e consumos de insumos básicos usados no processo.

## 7.3 OS ONZE ELEMENTOS DE GESTÃO

### 7.3.1 **Informações sobre segurança de processo**

- Foram encontradas na PCG/AQUILA *layouts*, plantas de situação e fluxogramas de engenharia, não sendo encontrados os fluxogramas de processo. Foi feito recentemente um cadastramento na Planta que está sendo disponibilizado em meio eletrônico no servidor na UN. Está sendo sistematizado o processo de registro das modificações realizadas;
- Não foram encontradas evidências de existir método sistematizado e formal para coleta, atualização e compilação de informações sobre o projeto de processamento e projeto mecânico;
- Não foram achadas evidências de existir método estruturado para coleta e organização das informações sobre produtos, materiais e substâncias perigosas, nas FISPQ's. As informações atendem, no entanto, às recomendações deste item. A Planta requer o fornecimento dessas informações nas compras que realiza;
- No item 7.3.5 - Práticas de trabalho seguro, é apresentada lista dos insumos básicos da PCG/AQUILA, necessários à complementação das informações requeridas neste item.

No Quadro 28 é apresentada a lista de equipamentos e parâmetros operacionais críticos dos equipamentos mais importantes da Planta, tendo sido recomendado que a esses equipamentos sejam tidos como prioritários conforme item no item 5.4.7 - Garantia da qualidade e integridade mecânica de equipamentos críticos.

| EQUIPAMENTO | PARÂMETRO OPERACIONAL CRÍTICO | DISPOSITIVO DE CONTROLE |
|---|---|---|
| "Balões"[89] da descarga e *scrubbers* inter-estágio dos compressores | Pressão | • Válvulas de segurança<br>• Disco de ruptura |
| | Nível | • Nível alto nos *Scrubbers* |
| Compressor com acionamento por motor à explosão | Pressão | • Pressostato e alarme de *trip*[90]<br>• Válvulas de segurança |
| | Temperatura | • Termostato e alarme |
| | Nível | • Chave de nível e alarme |
| Compressor com acionamento motor elétrico | Pressão | • Pressostato e alarme<br>• Válvulas de segurança |
| | Temperatura | • Termostato e alarme |
| | Nível | • Chave de nível e alarme |
| Bombas de óleo | Pressão | • Válvula de segurança no recalque |
| | Vazão | • Vazão baixa |

**Quadro 28** - Equipamentos e parâmetros operacionais críticos da PCG/AQUILA.
Fonte: Lebarbenchon, Simplício, Esteves, Holanda e Silva (1997). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

[89] Vaso de pressão pulmão na descarga de um compressor.
[90] Desligamento automático de um equipamento, mediante acionamento de uma malha de controle.

### 7.3.2 **Análise de riscos de processo (ARP)**

- Existe metodologia estruturada para realizar ARP's na PCG/AQUILA;
- Ha pessoal treinado na Planta nas técnicas de APR e/ou HAZOP;
- A Planta realizou em 2000 uma ARP, FMEA/FMECA e atualizou as Diretrizes Básicas para elaboração de plano de contingência, conduzido por pessoal treinado da UN-Sede, com consultoria da área corporativa.

### 7.3.3 **Gerenciamento de modificações**

- Existem procedimentos formais na PCG/AQUILA para gerenciar modificações na tecnologia e na Planta, de grande e pequeno porte, e modificações na força de trabalho;

As modificações realizadas na PCG/AQUILA consideradas de grande porte, na tecnologia e na Planta, tiveram seus riscos previamente analisados, conforme abordado no item 5.4.4 - Procedimentos de operação, sub-item 1.3.2, 1.3.2.1 e 1.3.3.1. Mudanças realizadas:

◇ Instalação de ramal de 10" na descarga do 2º estágio de compressão da máquina # 3 para atender necessidades do processo;

◇ Automação de toda as malhas de controle dos compressores, para evitar desligamento espúrio e aumento da confiabilidade do fornecimento de gás para o processo;

◇ Aumento do número de máquinas na Planta;

◇ Reforma do teto e do tapamento lateral da Planta para evitar formação de nuvens potencialmente explosivas;

◇ Troca dos tubos aletados dos *air coolers* do segundo para o terceiro estágio de compressão.

### 7.3.4 **Procedimentos de operação**

Existem procedimentos de operação formais na PCG/AQUILA; A Gerência de Engenharia atualiza os procedimentos na própria rede computacional, conforme necessidades dos usuários,

- As informações dos Procedimentos de Operação, Manual de Treinamento e Padrão Técnico de Processo, atendem parcialmente às recomendações do item 5.4.4 - Procedimentos de operação, sub-item 1.1.1, porém não foram atendidos os seguintes aspectos:
  - ◇ Condições de operação em paradas de emergência: não foram identificados os cargos dos supervisores que posam dar início à essas operações (aparece somente o Gerente da Planta);
  - ◇ Considerações sobre Higiene Industrial e Saúde Ocupacional, relativas às propriedades e os riscos à saúde apresentados pelas substâncias usadas no processo.

### 7.3.5 **Práticas de trabalho seguro**

- Existem recomendações e metodologias formais para práticas de trabalho seguro;
- Há Permissões de Trabalho e Normas de Manuseio de Produtos Perigosos;
- A abrangência das Normas de Manuseio de Produtos Perigosos constantes do Manual de Treinamento atende às recomendações abordadas neste item
- Permissões de Trabalho e Manual de Treinamento estão disponibilizados no sistema computacional da rede interna.
- O Quadro 29 mostra uma sugestão de como apresentar os consumos mensais médios dos insumos e produtos (Óleo combustível, Óleo Diesel, etc.) usados no processo de compressão do gás. Eles podem ser utilizados para verificar a efetividade das Normas de Manuseio de Produtos Perigosos, constantes do Manual de Treinamento, e que fazem parte do plano de contingência para controle e resposta a emergência, conforme contemplado no item 5.4.10 – Controle e resposta a emergência.

| INSUMOS BÁSICOS | CONSUMO MENSAL MÉDIO ($m^3$) |
|---|---|
| Óleo lubrificante | yy |
| Óleo Diesel | yy |
| Querosene | yy |
| Fluido anti-corrosivo | yy |

**Quadro 29** - Insumos básicos e consumos mensais médios da PCG/AQUILA.
Fonte: Lebarbenchon, Simplício, Esteves, Holanda e Silva (1997). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

### 7.3.6 **Treinamento**

- Há critérios para treinar a força de trabalho da operação através de programa formal para a PCG/AQUILA;
- A programação é consolidada mediante documento de identificação de necessidades, disponibilizado na rede computacional interna, conforme diretrizes para a programação de treinamento para cada ano;

O conteúdo e abrangência do programa de treinamento atualmente implantado não atende os requisitos deste item.

### 7.3.7 **Garantia da qualidade e integridade mecânica de equipamentos críticos**

- Foram encontradas evidências de existirem procedimentos formais de garantia de qualidade na PCG/AQUILA durante o projeto inicial, fabricação e instalação, conforme explanado neste item;
- Existe na Gerência de Engenharia de Detalhamento, Construção e Montagem e na Gerência de Engenharia de Manutenção, procedimentos formais de manutenção preventiva, conforme requerido neste item;
- A Gerência de Engenharia de Manutenção definiu a metodologia para se elaborar padrões;
- O conteúdo e a abrangência da Ordem de Trabalho Padrão atende parcialmente às recomendações explanadas no item 5.4.7. Aspectos não atendidos: padrões de controle de qualidade para assegurar que materiais de manutenção, equipamentos de reserva e seus

componentes, estejam conforme especificado; garantia de integridade dos equipamentos, conforme contemplado, por exemplo, na norma API Publ 2007 *Safe Maintenance Practices in Refineries*;

- Foram encontrados métodos formais para teste e inspeção, mas não houve evidência da existência de tais padrões para:
    - ◇ Sistemas de emergência e parada;
    - ◇ Alarmes e inter-travamentos;
    - ◇ Controles críticos;
    - ◇ Discos de ruptura.
- O conteúdo e abrangência da Rotina Departamental Interna de Inspeção atende os requisitos deste item, ma não existem padrões para correção de não-conformidades e não adota normas, como, por exemplo, API 510 *Pressure Vessel Inspection Code Maintenance Inspection, Rating, Repair and Alteration* e a *Guide for Inspection of Refinery Equipament, American Petroleum Institute, Washington, D.C., 1957 (out of print).*

### 7.3.8 **Revisão de segurança na pré-operação**

- Não foram encontradas evidências de existir procedimentos formais para a revisão de segurança na pré-operação;
- No caso de instalações novas, a Gerência de Engenharia Industrial e Automação realiza revisões de segurança, mas no caso de instalações modificadas elas não são efetuadas;
- Não foram encontradas evidências de existir instrução formal para realizar inspeções de campo nas revisões de segurança.

### 7.3.9 **Controle e resposta a emergência**

- Existe plano formal de contingência para controle e resposta a emergência;
- Existe brigada de combate a incêndio que atende também a plantas de processo no complexo petroquímico;

- Existe metodologia formal para notificação de emergências.

### 7.3.10 **Investigação de acidentes relacionados com o processo**

- Foram encontrados relatórios de análise de acidentes, relatórios de ocorrências a normais, relatórios de acidentes com lesão e relatórios de não conformidades;
- Os relatórios de não conformidades atendem os requisitos do item 5.4.10, porém não está totalmente institucionalizado um sistema de conseqüências que assegure que as modificações de melhoria na Planta sejam implantadas e que haja divulgação dos resultados encontrados nas apurações dos acidentes, de modo a se incorporar lições obtidas em outras Plantas.

### 7.3.11 **Auditoria do sistema de GRP**

- Como ainda não foi implementado nesta Planta um sistema de GRP, não foram encontradas evidências de existir um processo formal para realizar auditorias nesse processo.

# 8 RESULTADOS OBTIDOS COM A APLICAÇÃO DA METODOLOGIA ESTRUTURADA DE GRP NA PLANTA DE PROCESSAMENTO DE PETROQUÍMICOS BÁSICOS - PPPB/DÆDALUS

Em suma, este capítulo trata de três aspectos: 1) a contextualização de como os resultados encontrados no desenvolvimento metodologia estruturada foram aplicados nessa Planta e processo; 2) explicitação dos objetivos da pesquisa, e 3) a aplicação dos questionários abrangendo os onze elementos e gestão.

## 8.1 INTRODUÇÃO

Segundo Lebarbenchon, Simplício, Esteves, Holanda e Silva (1997), o primeiro passo para aplicação e validação da metodologia de um GRP é realizar um diagnóstico inicial na Planta e proceder a um mapeamento das áreas onde existem deficiências e não conformidades.

De acordo com os resultados obtidos no item 5.4 – Detalhamento da metodologia estruturada de GRP por elemento de gestão, fez-se necessário criar questionários específicos para cada um dos onze elementos de gestão fundamentados nesses requisitos, organizados e dispostos sob a forma de *checklists*. Tais questionários são mostrados no Anexo B, numerados de 36 a 46, como mencionado.

Na PPPB/DÆDALUS foram também utilizados documentos e informações para compor seu diagnóstico, obtido mediante visitas e reuniões na Sede da UN e na Planta de processo. Os questionários foram aplicados, e baseado nessas entrevistas e observações, foram levantadas deficiências e não conformidades aparentes.

Os insumos para o presente trabalho foram obtidos através das respostas a esses questionários e das entrevistas e depoimentos colhidos durante as visitas realizadas à Planta de processo. No caso presente, essa avaliação incluiu a apreciação da documentação, entrevistas com as equipes de empregados lotados na PPPB/DÆDALUS e a verificação dos registros, levando em conta não somente se os procedimentos estavam adequados e se a documentação existente satisfazia às exigências da API RP 750, mas também, se estavam atualizados e refletiam a prática operacional cotidiana.

## 8.2 OBJETIVO

Obter junto à Planta de processo, o diagnóstico da situação atual da PPPB/DÆDALUS nos onze elementos de gestão e as informações necessárias ao desenvolvimento e implantação do Gerenciamento de Riscos de Processo - GRP.

Para verificar a aplicabilidade do GRP na PPPB/DÆDALUS, foi necessário seguir a metodologia concebida no Capítulo 5 – Da metodologia estruturada para GRP em cada um dos seus onze elementos de gestão, detalhados nos itens 5.4.1 a 5.4.11, buscando com o presente diagnóstico identificar que informações, métodos, procedimentos, etc., que a Planta de processo já dispõe, e se eles são aderentes às recomendações do GRP.

Para a Planta de processo, destaca-se s definição dos parâmetros operacionais críticos e o levantamento dos inventários de insumos básicos usados no processo.

## 8.3 OS ONZE ELEMENTOS DE GESTÃO

### 8.3.1 **Informações sobre segurança de processo**

- Foram encontradas na PPPB/DÆDALUS *layouts*, plantas de situação, fluxogramas de processo e de engenharia, não sendo encontrados os fluxogramas de processo e existe cadastramento sistemático das instalações para manter atualizada a documentação, que é disponibilizada em meio eletrônico no servidor da UN. Está sistematizado o processo de registro das modificações realizadas;
- Não foram encontradas evidências de existir método sistematizado e formal para coleta, atualização e compilação de informações sobre o projeto de processamento e projeto mecânico;
- Não foram encontradas evidências de existir método estruturado para atualização das informações sobre produtos, materiais e substâncias perigosas, nas FISPQ's. As informações atendem, no entanto, as recomendações deste item. A Planta requer o fornecimento dessas informações nas compras que efetua;
- No item 8.3.5 - Práticas de trabalho seguro, é apresentada lista dos insumos básicos da PPPB/DÆDALUS, necessários à complementação das informações requeridas neste item.

No Quadro 30 é a apresentada a lista de equipamentos e parâmetros operacionais críticos dos equipamentos mais importantes da Planta, tendo sido recomendado que tais equipamentos sejam tidos como prioritários conforme recomendações do item 5.4.7 - Garantia de qualidade e integridade mecânica de equipamentos críticos.

| EQUIPAMENTO[91] | PARÂMETRO OPERACIONAL CRÍTICO | DISPOSITIVO DE CONTROLE |
|---|---|---|
| Tanque de armazenamento de produto final "R" | Nível | • Réguas de medição de nível |
| Tanques de armazenamento de produto final "S" | Pressão | • Indicador local |
| Caldeira flamo-tubular | Pressão | • Inter-travamento sem alarme |
| | Nível | |
| | Temperatura | |
| Bombas de movimentação de produto final "R" | Pressão | • Pressostato e alarme |
| Bombas de injeção de produto final "S" | Pressão | • Pressostato<br>• Manômetro |

**Quadro 30** - Equipamentos e parâmetros operacionais críticos da PPPB/DÆDALUS.
Fonte: Lebarbenchon, Simplício, Esteves, Holanda e Silva (1997). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

[91] A identificação dos produtos finais "R" e "S" foi modificada para preservar os interesses da Empresa "E".

### 8.3.2 **Análise de riscos de processo (ARP)**

- Existe metodologia estruturada para Realizar ARP's na PPPB/ DÆDALUS;
- Há pessoal treinado na instalação operacional nas técnicas de APR e/ou HAZOP;
- A PPPB/ DÆDALUS realizou em 2000 uma ARP e atualizou as Diretrizes Básicas para elaboração de plano de contingência, conduzido por pessoal treinado da UN-Sede, com consultoria da área corporativa;

### 8.3.3 **Gerenciamento de modificações**

- Existem procedimentos formais na PPPB/DÆDALUS para gerenciar modificações na tecnologia e na Planta, de grande porte e pequeno porte, e modificações na força de trabalho;
- As modificações realizadas na PPPB/DÆDALUS consideradas de grande porte na tecnologia e na Planta de processo tiveram seus riscos previamente analisados, conforme abordado no item 5.4.4 - Procedimentos de operação, sub-item 1.3.2, 1.3.2.1 e 1.3.3.1. Mudanças efetuadas:
  - ◇ Aumento do diâmetro das sucções das bombas de movimentação do produto "R";
  - ◇ Substituição das bombas *boosters* das bombas injeção do produto"S", por modelos mais novos.

### 8.3.4 **Procedimentos de operação**

- Existem procedimentos de operação formais na PPPB/DÆDALUS;
- A Gerência de Engenharia atualiza os procedimentos na própria rede computacional, conforme requisição de cada usuário;
- As informações dos Procedimentos de Operação, Manual de Treinamento e Padrão Técnico de Processo, atendem parcialmente às recomendações do item 5.4.4 -

Procedimentos de operação, sub-item 1.1.1, porém não foram atendidos os seguintes aspectos:

◇ Condições de operação em paradas de emergência, onde não foram feitas menção dos cargos do Gerente da Planta (aparece somente o Supervisor) que possa dar início à essas operações;

◇ Recomendações de segurança que incluam sistemas de segurança e suas funções, relacionadas com os limites operacionais;

◇ Considerações sobre Higiene Industrial e Saúde Ocupacional, relativas às propriedades e os riscos apresentados por produtos perigosos usados no processo.

### 8.3.5 **Práticas de trabalho seguro**

- Existem recomendações e metodologias formais para práticas de trabalho seguro;
- Existem Permissões de Trabalho e Normas de Manuseio de Produtos Perigosos;
- A abrangência das Normas de Manuseio de Produtos Perigosos constantes do Manual de Treinamento atende às recomendações abordadas neste item;
- Permissões de Trabalho e Manual de Treinamento estão disponibilizados no sistema computacional da rede interna;
- O Quadro 31 mostra uma sugestão de como apresentar os consumos mensais médios dos insumos e produtos (produtos químicos, inibidor de corrosão, Óleo Diesel, etc.) utilizados no processo. Eles podem ser usados para verificar a efetividade das Normas de Manuseio de Produtos Perigosos, incluídas no Manual de Treinamento, e que fazem parte do plano de contingência para controle e resposta a emergência, conforme contemplado no item 5.4.9 - Controle e resposta a emergência.

| INSUMOS BÁSICOS[92] | CONSUMO MENSAL MÉDIO |
|---|---|
| Inibidor de corrosão "I" | zz $m^3$ |
| Óleo Diesel | zz $m^3$ |
| Produto químico "J" | zz $m^3$ |
| Produto químico "K" | zz $m^3$ |
| Produto químico "L" | zzkg |
| Produto químico "M" | zz kg |

**Quadro 31** - Insumos básicos e consumos mensais médios da PPPB/ DÆDALUS.
Fonte: Lebarbenchon, Simplício, Esteves, Holanda e Silva (1997).
Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

### 8.3.6 **Treinamento**

- Existem critérios para treinar a força de trabalho da operação através de programa formal para a PPPB/DÆDALUS;
- A programação é consolidada mediante documento de identificação de necessidades, disponibilizado na rede computacional interna, conforme diretrizes para a programação de treinamento para cada ano;
- O conteúdo e abrangência do programa de treinamento atualmente implantado não atende os requisitos deste item.

### 8.3.7 **Garantia de qualidade e integridade mecânica de equipamentos críticos**

- Não foram encontradas evidências de existirem procedimentos formais de garantia qualidade na PPB/DÆDALUS durante o projeto inicial, fabricação e instalação;
- Existem na Gerência de Engenharia de Detalhamento, Construção e Montagem e na Gerência de Engenharia de Manutenção procedimentos formais de manutenção preventiva, conforme requerido neste item;
- Foram encontradas evidências de que a Gerência de Engenharia de Manutenção tenha definido a metodologia para se elaborar padrões;

[92] Os insumos básicos tiveram suas denominações alteradas para "I", "J", "K", "L" e "M" para salvaguardar os interesses da Empresa "E".

- Para o caso de equipamentos críticos, conforme exposto no item 5.4.7. - Garantia da qualidade e integridade mecânica de equipamentos críticos, sub-item 1.1.1, somente houve evidências da existência de padrões para alguns equipamentos de processo e vasos de pressão;
- O conteúdo e a abrangência da Ordem de Trabalho Padrão, atende parcialmente às recomendações explanadas no item 5.4.7. Aspectos não atendidos: padrões de controle de qualidade para assegurar que materiais de manutenção, equipamentos de reserva e seus componentes estejam conforme especificado e com a garantia de integridade dos equipamentos, conforme contemplado, por exemplo, na norma API Publ 2007 *Safe Maintenance Practices in Refineries*;
- Foram encontrados métodos formais para teste e inspeção, mas não houve evidência da existência desses padrões para:
    - ◇ Tubulações críticas de processo;
    - ◇ Sistemas de emergência e parada;
    - ◇ Malhas de controles críticos;
- O conteúdo e abrangência da Rotina Departamental Interna de Inspeção atende os requisitos desse item, mas não foram encontrados padrões para correção de não conformidades e não se adota normas, como, por exemplo, API 510 *Pressure Vessel Inspection Code Maintenance Inspection, Rating, Repair and Alteration* e a *Guide for Inspection of Refinery Equipament, American Petroleum Institute, Washington, D.C., 1957 (out of print).*

### 8.3.8 **Revisão de segurança na pré-operação**

- Não foram encontradas evidências de existir procedimentos formais para a revisão de segurança na pré-operação, conforme recomendado item 5.4.8 - Revisões de segurança pré-operação;
- Para o caso de instalações novas, a Gerência de Engenharia Industrial e Automação realiza revisões de segurança, mas no caso de instalações modificadas elas não são realizadas;

- Não foram encontradas evidências de existir instrução formal para realizar inspeções de campo nas revisões de segurança.

### 8.3.9 **Controle e resposta a emergência**

- A PPB/DÆDALUS está procedendo a uma atualização geral no plano formal para controle e resposta a emergência;
- Existe brigada de combate a incêndio que ajuda também a outras Plantas próximas no complexo petroquímico. Nesta Planta está sendo feita atualmente uma completa reavaliação do sistema fixo de combate a incêndio.

### 8.3.10 **Investigação de acidentes relacionados com o processo**

- Existe metodologia formal de investigação de acidentes;
- Foram encontrados relatórios de análise de acidentes, relatórios de ocorrências anormais, relatórios de acidentes com lesão e relatórios de não conformidades;
- Os relatórios de não conformidades atendem os requisitos do item 5.4.10, porém não está totalmente institucionalizado um sistema de conseqüências que assegure que as modificações de melhoria na Planta sejam implantadas e que haja divulgação dos resultados encontrados nas apurações dos acidentes, de modo a se incorporar lições obtidas em outras Plantas.

### 8.3.11 **Auditoria do sistema de GRP**

- Como ainda não foi ainda implementado nesta Planta um sistema de GRP, não foram encontradas evidências de existir um processo formal para realizar auditorias nesse processo.

# 9 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS COM A APLICAÇÃO DA METODOLOGIA ESTRUTURADA PROPOSTA DE GRP

## 9.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Riscos são inerentes na indústria de processamento, de sorte que para permanecerem no negócio, as empresas precisam necessariamente gerenciá-los com efetividade. O sucesso da maioria dos negócios é medido pela competência com que as empresas convertem recursos em lucros minimizando perdas. O gerenciamento de riscos, isto é, minimização de perdas, é um importante elemento de um sistema global de gestão de segurança. Segundo Roure, Moñino e Rodriguez-Badal (1997) a maioria desses sistemas de gestão integrada e total de segurança é modelada a partir do conceito de gestão pela qualidade total, seja através do ciclo PDCA (*Plan*, *Do*, *Check* e *Act*), do ciclo PDCE (*Plan*, *Do*, *Check* e *Evaluate*) (DOWSETT; SICH; RANDELL; BEHIE, 2000) ou do ciclo PDAA (*Plan*, *Do*, *Assess* e *Adjust*) (HOOKE, 2003).

Abordagens inconsistentes são intrinsecamente ineficientes e podem levar à sub utilização de esforços e recursos quando da implantação de um processo integrado e estruturado de gerenciamento de riscos de instalações de processamento de petroquímicos básicos envolvendo suas atividades e operações.

Destarte, para que o processo alcance seu pleno potencial na cadeia produtiva, ele deve merecer o comprometimento visível de todos em uma empresa; da Presidência até o mais

humilde trabalhador, seja ele da força de trabalho própria ou contratada. O GRP deve ter dimensão abrangente, permeando por todos os aspectos de uma organização, ambos em termos de diferentes atividades entrelaçadas com os vários níveis da força de trabalho, tanto na cadeia hierárquica de comando (no sentido vertical) como nos processos e atividades (no sentido horizontal).

Como visto no item 5.3 - Desenvolvimento da metodologia estruturada de GRP, o encadeamento lógico desse entrelaçamento apresentado no Fluxograma 11 é que está sendo usado par formular essas recomendações e indicações de oportunidades de melhoria. Com o mesmo propósito, foram usados os resultados encontrados no Capítulo 10 - Conclusão.

## 9.2 CONSOLIDAÇÃO DOS RESULTADOS ENCONTRADOS NAS PLANTAS PPG/ORION, PCG/AQUILA E PPPB/DÆDALUS

Os resultados encontrados nos onze elementos de gestão e apresentados nos capítulos 6, 7 e 8 foram consolidados nos Quadros 32, 33, 34 e 35 abaixo, e, onde houveram diferenças, elas foram assinaladas de forma grifada pelo autor deste trabalho.

| ELEMENTO DE GESTÃO | PPG/ORION | PCG/AQUILA | PPPB//DÆDALUS |
|---|---|---|---|
| Informações sobre segurança de processo | • Encontrados *layouts*, plantas de situação, fluxogramas de processo e de engenharia;<br>• Existe cadastramento sistemático das instalações para manter atualizada a documentação, que é disponibilizada em meio eletrônico no servidor da UN;<br>• Está sistematizado o processo de registro das modificações realizadas. | • Encontrados *layouts*, plantas de situação e fluxogramas de engenharia, não sendo encontrados os fluxogramas de processo;<br>• Foi feito recentemente cadastramento na Planta que está sendo disponibilizado em meio eletrônico no servidor na UN;<br>• Está sendo sistematizado o processo de registro das modificações realizadas. | • Encontrados *layouts*, plantas de situação, fluxogramas de processo e de engenharia, não sendo encontrados os fluxogramas de processo;<br>• Existe cadastramento sistemático das instalações para manter atualizada a documentação, que é disponibilizada em meio eletrônico no servidor da UN;<br>• Está sistematizado o processo de registro das modificações realizadas. |
| | • Não foi encontrado método sistematizado e formal para coleta, atualização e compilação de informações sobre o projeto de processamento e projeto mecânico. | • Não foi encontrado método sistematizado e formal para coleta, atualização e compilação de informações sobre o projeto de processamento e projeto mecânico. | • Não foi encontrado método sistematizado e formal para coleta, atualização e compilação de informações sobre o projeto de processamento e projeto mecânico. |
| | NP[93] | • Não existe método estruturado para coleta e organização das informações sobre produtos, materiais e substâncias perigosas, nas FISPQ's. As informações atendem, no entanto, às recomendações deste item. A Planta requer o fornecimento dessas informações nas compras que realiza | NP |
| Parâmetros operacionais críticos: | • Torres de Processamento I, II, III;<br>• Compressores de gás;<br>• Compressores de gás;<br>• Compressores de processo;<br>• Fornalha;<br>• Tanques te armazenamento de produtos finais "P" e "Q". | • "Balões" da descarga e scrubbers interestágio dos compressores;<br>• Compressor com acionamento por motor à explosão. | • Tanque de armazenamento de produto final "R";<br>• Tanques de armazenamento de produto final "S";<br>• Caldeira flamo-tubular<br>• Bombas de movimentação de produto final "R";<br>• Bombas de injeção de produto final "S". |

**Quadro 32** - Comparação de resultados entre elementos de gestão e Parâmetros operacionais críticos, evidenciando diferenças entre as Plantas de processo.

[93] Não pesquisado.

| ELEMENTO DE GESTÃO | PPG/ORION | PCG/AQUILA | PPPB//DÆDALUS |
|---|---|---|---|
| Análise de riscos de processo (APR) | • Existe metodologia estruturada para realizar ARP's;<br>• Há pessoal treinado na Planta nas técnicas de APR e/ou HAZOP;<br>• A Planta realizou ARP em 1999 e atualizou as Diretrizes Básicas para elaboração de plano de contingência, conduzido por pessoal treinado da UN-Sede, com consultoria da área corporativa da Empresa. | • Existe metodologia estruturada para realizar ARP's;<br>• Ha pessoal treinado na Planta nas técnicas de APR e/ou HAZOP;<br>• A Planta realizou ARP, FMEA/FMECA em 2000 e atualizou as Diretrizes Básicas para elaboração de plano de contingência, conduzido por pessoal treinado da UN-Sede, com consultoria da área corporativa. | • Existe metodologia estruturada para Realizar ARP's;<br>• Há pessoal treinado na instalação operacional nas técnicas de APR e/ou HAZOP<br>• A Planta realizou ARP em 2000 e atualizou as Diretrizes Básicas para elaboração de plano de contingência, conduzido por pessoal treinado da UN-Sede, com consultoria da área corporativa. |
| Gerenciamento de modificações | • As modificações realizadas consideradas de grande porte, na tecnologia e na Planta, tiveram seus riscos previamente analisados, conforme abordado no item Procedimentos de operação, sub-itens 1.3.2, 1.3.2.1 e 1.3.3.1. Mudanças realizadas:<br>- Mudança do controle de temperatura do fundo da Torre de processamento I<br>- Instalação de by-pass na linha do insumo básico B". | • As modificações realizadas consideradas de grande porte, na tecnologia e na Planta, tiveram seus riscos previamente analisados, conforme abordado no item Procedimentos de operação, sub-itens 1.3.2, 1.3.2.1 e 1.3.3.1. Mudanças realizadas:<br>- Instalação de ramal de 10" na descarga do 2º estágio de compressão da máquina # 3 para atender necessidades do processo;<br>- Automação de toda as malhas de controle dos compressores, para evitar desligamento espúrio e aumento da confiabilidade do fornecimento de gás para o processo. | • As modificações realizadas consideradas de grande porte na tecnologia e na Planta de processo tiveram seus riscos previamente analisados, conforme abordado no item Procedimentos de operação, sub-itens 1.3.2, 1.3.2.1 e 1.3.3.1. Mudanças efetuadas:<br>- Aumento do diâmetro das sucções das bombas de movimentação do produto "R";<br>- Substituição das bombas boosters das bombas injeção do produto"S", por modelos mais novos. |
| Procedimentos de operação | • Existem procedimentos de operação formais;<br>• A Gerência de Engenharia atualiza os procedimentos na própria rede computacional, conforme solicitação de cada usuário. | • Existem procedimentos de operação formais;<br>• Não foram encontradas evidências de que a Gerência de engenharia atualize procedimentos operacionais. | • Existem procedimentos de operação formais;<br>• A Gerência de Engenharia atualiza os procedimentos na própria rede computacional, conforme requisição de cada usuário. |
| Práticas de trabalho seguro | • Existem recomendações e metodologias formais para práticas de trabalho seguro;<br>• Há Permissões de Trabalho e Normas de Manuseio de Produtos Perigosos | • Existem recomendações e metodologias formais para práticas de trabalho seguro;<br>• Há Permissões de Trabalho e Normas de Manuseio de Produtos Perigosos | NP |

**Quadro 33** - Comparação de resultados entre elementos de gestão, evidenciando diferenças entre as Plantas de processo.

| ELEMENTO DE GESTÃO | PPG/ORION | PCG/AQUILA | PPPB//DÆDALUS |
|---|---|---|---|
| Treinamento | • Há critérios para treinar a força de trabalho da operação através de programa formal;<br>• A programação é consolidada mediante documento de identificação de necessidades, disponibilizado na rede computacional interna, conforme diretrizes para a programação de treinamento para cada ano. | • Há critérios para treinar a força de trabalho da operação através de programa formal<br>• A programação é consolidada mediante documento de identificação de necessidades, disponibilizado na rede computacional interna, conforme diretrizes para a programação de treinamento para cada ano. | • Existem critérios para treinar a força de trabalho da operação através de programa forma<br>• A programação é consolidada mediante documento de identificação de necessidades, disponibilizado na rede computacional interna, conforme diretrizes para a programação de treinamento para cada ano;<br>• O conteúdo e abrangência do programa de treinamento atualmente implantado não atende os requisitos deste item. |
| Garantia da qualidade e integridade mecânica e equipamentos críticos | • Não existem procedimentos formais de garantia da qualidade durante o projeto inicial, fabricação e instalação.<br>• No caso de equipamentos críticos de processo, somente existem padrões para vasos de pressão. Existem métodos formais para teste e inspeção, exceto para:<br>- Tubulações críticas de processo;<br>- Sistemas de emergência e parada;<br>- Tubos de trocadores de calor;<br>- Corta chamas, vents e drenos;<br>- Inter-travamentos e alarmes<br>- Malhas de controles críticos. | • Existem procedimentos formais de garantia de qualidade durante o projeto inicial, fabricação e instalação.<br>• No caso de equipamentos críticos de processo existem métodos formais para teste e inspeção, mas não há padrões para:<br>- Sistemas de emergência e parada;<br>- Alarmes e inter-travamentos;<br>- Controles críticos;<br>- Discos de ruptura. | • Não foram encontradas evidências de existirem procedimentos formais de garantia qualidade durante o projeto inicial, fabricação e instalação;<br>• No caso de equipamentos críticos de processo, somente existem padrões para alguns equipamentos de processo e vasos de pressão; Existem métodos formais para teste e inspeção, exceto para:<br>- Tubulações críticas de processo;<br>- Sistemas de emergência e parada;<br>- Malhas de controles críticos. |
| Revisão de segurança na pré-operação | • Não foram encontradas evidências de existir procedimentos formais para a revisão de segurança na pré-operação;<br>• Para instalações novas, a Gerência de Engenharia Industrial e Automação realiza revisões de segurança, mas no caso de instalações modificadas elas não são efetuadas;<br>• Não foram encontradas evidências de existir instrução formal para realizar inspeções de campo nas revisões de segurança. | • Não foram encontradas evidências de existir procedimentos formais para a revisão de segurança na pré-operação;<br>• Para o caso de instalações novas, a Gerência de Engenharia Industrial e Automação realiza revisões de segurança, mas no caso de instalações modificadas elas não são efetuadas;<br>• Não foram encontradas evidências de existir instrução formal para realizar inspeções de campo nas revisões de segurança. | • Não foram encontradas evidências de existir procedimentos formais para a revisão de segurança na pré-operação;<br>• Para o caso de instalações novas, a Gerência de Engenharia Industrial e Automação realiza revisões de segurança, mas no caso de instalações modificadas elas não são realizadas;<br>• Não foram encontradas evidências de existir instrução formal para realizar inspeções de campo nas revisões de segurança. |

**Quadro 34** - Comparação de resultados entre elementos de gestão, evidenciando diferenças entre as Plantas de processo.

| ELEMENTO DE GESTÃO | PPG/ORION | PCG/AQUILA | PPPB//DÆDALUS |
|---|---|---|---|
| Controle e resposta a emergência | • Existe plano formal de contingência para controle e resposta a emergência;<br>• Existe brigada de combate a incêndio que atende também a Plantas de processo no complexo petroquímico;<br>• Existe metodologia formal para notificação de emergências. | • Existe plano formal de contingência para controle e resposta a emergência;<br>• Existe brigada de combate a incêndio que atende também a Plantas de processo no complexo petroquímico;<br>• Existe metodologia formal para notificação de emergências. | • A Planta está procedendo a uma atualização geral no plano formal para controle e resposta a emergência;<br>• Existe brigada de combate a incêndio que ajuda também a outras Plantas processo no complexo petroquímico. Nesta Planta está sendo feita atualmente uma completa reavaliação do sistema fixo de combate a incêndio. |
| Investigação de acidentes relacionados com o processo | • Existe metodologia formal de investigação de acidentes;<br>• Foram encontrados relatórios de análise de acidentes, relatórios de ocorrências a normais, relatórios de acidentes com lesão e relatórios de não conformidades;<br>• Os relatórios de não conformidades atendem os requisitos do item 5.4.10, porém não está totalmente institucionalizado um sistema de conseqüências que assegure que as modificações de melhoria na Planta sejam implantadas e que haja divulgação dos resultados encontrados nas apurações dos acidentes, de modo a se incorporar lições obtidas em outras Plantas. | • Foram encontrados relatórios de análise de acidentes, relatórios de ocorrências a normais, relatórios de acidentes com lesão e relatórios de não conformidades;<br>• Os relatórios de não conformidades atendem os requisitos do item 5.4.10, porém não está totalmente institucionalizado um sistema de conseqüências que assegure que as modificações de melhoria na Planta sejam implantadas e que haja divulgação dos resultados encontrados nas apurações dos acidentes, de modo a se incorporar lições obtidas em outras Plantas. | • Existe metodologia formal de investigação de acidentes;<br>• Foram encontrados relatórios de análise de acidentes, relatórios de ocorrências anormais, relatórios de acidentes com lesão e relatórios de não conformidades;<br>• Os relatórios de não conformidades atendem os requisitos do item 5.4.10, porém não está totalmente institucionalizado um sistema de conseqüências que assegure que as modificações de melhoria na Planta sejam implantadas e que haja divulgação dos resultados encontrados nas apurações dos acidentes, de modo a se incorporar lições obtidas em outras Plantas. |
| Auditoria do sistema de GRP | • Como ainda não foi ainda implementado nesta Planta um sistema de GRP, não foram encontradas evidências de existir um processo formal para realizar auditorias nesse processo. | • Como ainda não foi ainda implementado nesta Planta um sistema de GRP, não foram encontradas evidências de existir um processo formal para realizar auditorias nesse processo. | • Como ainda não foi ainda implementado nesta Planta um sistema de GRP, não foram encontradas evidências de existir um processo formal para realizar auditorias nesse processo. |

**Quadro 35** - Comparação de resultados entre elementos de gestão, evidenciando diferenças entre as Plantas de processo.

## 9.3 RECOMENDAÇÕES E OPORTUNIDADES DE MELHORIA POR ELEMENTO DE GESTÃO

Iniciando com as Informações sobre segurança de processo, observa-se que o grande desafio é se manter atualizada e disponibilizada toda a documentação relativa ao processo da Planta.

As empresas têm procedimentos e padrões para realizar ARP's, mas não há disciplina operacional no sentido de que não ter a documentação toda em dia, acarreta sérios e profundos problemas repercutindo fortemente no Gerenciamento de modificações, pelos riscos que as modificações introduzem. Ainda não há também a percepção de quanto é

importante para a gestão de riscos a definição dos parâmetros operacionais críticos, não só para esse elemento de gestão, mas como também para otimizar a Garantia de qualidade de equipamentos críticos.

É um equívoco achar que realizar cadastramentos do processo na área operacional resolve a questão da atualização dos documentos, pois embora sejam feitos com muita competência, têm uma visão física do que se observa na Planta. Em muitos casos, fluxogramas de engenharia obtidos com o cadastramento não evidenciam aspectos fundamentais do processo que são a lógica de atuação das malhas de controle, não entram no mérito se o material que está sendo usado em uma dada tubulação crítica de processo está especificado corretamente, por exemplo, potencializando a "falsa gestão" de riscos.

Um importante requisito para se realizar ARP's de boa qualidade é manter atualizados os fluxogramas de engenharia e os procedimentos de operação. Esses documentos são também os pilares para que um gerenciamento efetivo de modificações da Planta possa ser implementado.

Tratando da Análise de riscos e processo - ARP existe uma questão crítica que é o foco das ARP's, sejam elas qualitativas ou quantitativas. ARP's têm um "vício sistêmico" que é a resolução limitada pela própria natureza intrínseca da gênese desse tipo de análise. Ou seja, começa-se a análise com pesquisas em bancos de dados de acidentes e de falhas de equipamentos para se obter dados estatísticos, que nem sempre são fundamentados em dados genuinamente nacionais cujo tratamento estatístico é feito sempre *a posteriori*, passando pela modelagem das falhas dos equipamentos e sistemas e dos efeitos físicos, e terminando pela modelagem das vulnerabilidades a esses efeitos. O denominador comum é a imprecisão matemática inevitável de todas essas etapas.

Logo, há uma lacuna que precisa ser melhorada, para evitar descontinuidades na gestão de riscos, através de um sistema integrado de GRP. Ele promove uma resolução maior podendo-se chegar a detalhes como a especificação de um parafuso-estojo[94] com o número certo de fios na rosca necessários a dar o correto aperto para garantir a estanqueidade de um flange da descarga de um compressor centrífugo de alta pressão de uma Planta de etileno, por exemplo. E essa lacuna só é evitada quando se realizam ARP's conjugadas com garantia da qualidade e integridade mecânica de equipamentos críticos. Exemplo contundente disso, foi a catástrofe de Flixborough, devido à uma simples trinca em uma junta de expansão com material especificado erradamente.

---

[94] *Stud bolt.*

Outra vertente é a não utilização de profissionais com a capacitação correta no momento certo, pois a qualidade duvidosa dos resultados obtidos nas análises compromete sua credibilidade, gerando expectativas equivocadas no corpo Gerencial, que assume que ao realizar ARP's resolveram a questão dos riscos da Planta, conferindo uma sensação de um "falso gerenciamento" de riscos. Realizar ARP's significa demandar elementos da própria força de trabalho da Planta, por exemplo, engenheiros, supervisores de turno, operadores, com experiência e habilidade, que nem sempre podem, na maioria dos casos, serem substituídos rapidamente. E isso gera também uma outra lacuna a ser melhorada.

Não pode deixar de ser mencionado a questão da tempestividade da ARP. Ela deve estar inserida no contexto do conceito de ciclo de vida da Planta, começando desde a mais tenra fase que é ainda no estudo de viabilidade técnico-econômica, passando por todos os momentos da vida útil das mesmas, ou seja, pelas fases de projeto conceitual, projeto básico, detalhamento, aquisição (procura, diligenciamento e inspeção), construção e montagem, pré-operação, partida, operação, manutenção, modificação, alienação e enceramento das atividades. Cada uma dessas fases requerendo técnicas específicas de análise.

Tocar em ARP's remete a uma questão sensível, de não haver em todo o território nacional, e não apenas em alguns estados da federação, balizadores de em que intervalos os riscos de processo devem ser gerenciados. No contexto internacional, essa questão já está bem avançada, citando-se, pelo menos, a Comunidade Européia (Holanda, Reino Unido, Itália, Dinamarca), Estados Unidos, Canadá, Austrália.

Em todos eles há critérios de tolerabilidade de riscos definidos institucionalmente por legislação específica. Esses critérios contemplam diferentes métodos, tendo com divisor comum, os critérios para riscos individuais, riscos sociais, fundamentados em conceitos como, por exemplo, de *As Low as Reasonably Practible* (ALARP) associado ao do *willingness to pay*[95], *worst case scenario*[96], realização de *safety cases*[97].

Passando ao Gerenciamento de modificações, observa-se que é uma área bastante sensível. Conforme Ozog e Stickles (1993), a experiência tem mostrado que quando se trata de uma Planta de processo existente de grande porte, o GRP pode ser iniciado, por exemplo, com o gerenciamento de modificações, pela cultura enraizada em Plantas de processo de se realizar modificações sem o devido respaldo de análises de riscos para verificar impactos no restante do processo. Porém há vantagens e desvantagens de se começar o GRP por esse

[95] Predisposição para pagar.
[96] Cenário do pior caso.
[97] Estudos de caso de segurança.

elemento de gestão, pelo descompasso que isso pode acarretar na implementação dos demais elementos de gestão, sobretudo nas ARP's.

Uma oportunidade de melhoria na disciplina operacional seria evitar fazer modificações temporárias, de procedimentos e em parâmetros operacionais, avaliando previamente esses tipos de modificações e considerando os efeitos secundários no processo.

Um procedimento de Gerenciamento de modificações eficaz também necessita prever atualização da documentação, procedimentos e reciclagem no treinamento da força de trabalho, de modo a refletir modificações implementadas. Por essa razão, este item costuma ser um dos aspectos mais importante de um programa de GRP.

Para mudanças na força de trabalho, como princípio, pode ser definido um nível mínimo de experiência e conhecimento para operação, manutenção e da área técnica, responsáveis pelo processo, para prover uma base sólida nas decisões que possam afetar aspectos de SMS.

É necessário que sejam desenvolvidos e implementados critérios e padrões para assegurar experiência, reter conhecimento e habilidades específicas, desenvolvendo ações no sentido de promover base sólida para manter um nível mínimo de experiência e conhecimento na área de processamento e uma matriz de capacitação para treinar novos entrantes em princípios e elementos de segurança de processo e documentação e informação de segurança de processo.

A experiência e o conhecimento tácito acumulado em Plantas de processo petroquímico e de petróleo permitem reconhecer como uma boa prática a adoção de critérios para retenção de competências. Nesse mister, exemplos de critérios podem ser citados: o comitê de gestão só poderá sofrer alteração de seus membros com intervalo de três meses; a substituição de gerentes deve ser feita no máximo com 25% da equipe em cada período de quatro meses e a substituição de supervisores pode ser feita no máximo com 25% da equipe em cada período de três meses; a substituição de operadores, em período administrativo e pessoal de manutenção deve ser feita no máximo com 25% da equipe a cada período de quatro meses e a substituição de operadores de turno, em qualquer turno, deve ser feita no máximo com 25% da equipe a cada três meses.

A matriz de capacitação deve contemplar descrição de função para cada cargo existente, perfil profissiográfico dos empregados, requisitos de habilidades e conhecimentos para cada função existente.

No que concerne aos Procedimentos de operação, pode-se dizer que este item é fundamental para a disciplina operacional. É fundamental haver Procedimentos de operação

formais para todas as Plantas existentes, bem como para Plantas novas ou que foram modificadas, antes de sua partida, revisando-os de forma a garantir que reflitam práticas operacionais atualizadas, incluindo mudanças no processo, de tecnologia, de equipamentos e nas próprias instalações, por razões de *revamping* ou automação industrial, o que configura uma excelente oportunidade de melhoria.

Quanto às Práticas de trabalho seguro, há um grande número de atividades como trabalho com fontes de ignição, entrada em espaços confinados, uso de guindastes ou equipamento pesado similar, que merecem procedimentos especiais no caso de manuseio de guindastes e em trabalhos de escavação visando prevenir danos em linhas subterrâneas que transportem produtos perigosos.

Em equipamento de processo, essas práticas são geralmente apropriadas para catalisadores e insumos básicos, entretanto, outros insumos tais como aditivos ou produtos químicos para tratamento, não recebem a mesma atenção. Também é igualmente importante haver cuidado com reações químicas indesejáveis, através do estrito controle de matérias-primas, desencrustantes, inibidores de corrosão, e outros produtos usados numa Planta de processo.

Treinamento pode ser também alvo de melhoria, pois é bastante focado no fator humano, quando é necessário cada vez mais ser ressaltada a questão da percepção do risco, pouco ou quase nunca, abordada nos treinamentos rotineiros.

Hoje já existem estudos e trabalhos que tratam da questão comportamental, que pode evidenciar vícios de conduta detectados por auditorias comportamentais, inclusive levando em conta aspectos cognitivos da psiquê humana e como isso pode influenciar a segurança de uma Planta.

Ressalte-se também que as questões ergonômicas não podem, da mesma forma, serem excluídas desse contexto, pois lida com fatores humanos e como eles reagem com as atuais demandas e práticas de gestão e flexibilização do trabalho, face sucessivas reestruturações produtivas nos métodos de trabalho decorrentes de uma nova ordem econômica globalizada.

Portanto, o treinamento deve contemplar os procedimentos operacionais citados no Gerenciamento de modificações, incluindo as modificações ocorridas nas instalações e na tecnologia do processo, sendo compartilhado entre sala de aula e um serviço.

Um aspecto importante de melhoria na Garantia da qualidade e integridade mecânica de equipamentos críticos é, por um lado, haver uma função de garantia de qualidade durante o projeto inicial, fabricação e montagem da Planta, e outro, um programa de manutenção preventiva e inspeção para assegurar integridade mecânica durante a vida útil dos

equipamentos, de preferência lastreado em Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) e Inspeção Baseada em Risco (IBR).

Ozog e Stickles (1993) observam que um ponto fraco das Plantas de processo reside na falta de programas detalhados de manutenção preventiva que devem cobrir componentes que não são inspecionados e testados adequadamente, como alarmes, indicadores e inter-travamentos associados com os parâmetros operacionais críticos não incluídos no programa de manutenção preventiva. Outros itens não especificados na API RP 750 e que também devem ser contemplados seriam sistemas de proteção catódica e de aterramento/conexões, fundos de tanque de armazenamento, corta-chama/*vents*, detectores de chama, dispositivos de monitoramento, tubos de trocadores de calor e tubulações enterradas.

A freqüência de inspeção/teste desempenha um importante papel, dado que a tendência atual de cada vez mais, grandes complexos petroquímicos e Plantas de processo integradas ampliarem suas campanhas para intervalos de 4 e 5 anos sem haver parada total, fazendo-se necessário haver testes/inspeções mais freqüentes durante todo esse intervalo, que podem ser revisados de acordo com as necessidades, melhorando assim apolítica de manutenção e inspeção. Nesse campo MCC e IBR são excelentes ferramentas.

Para Revisão de segurança na pré-operação, há uma interface muito grande que passa pela discussão de se implantar as recomendações obtidas nas ARP's iniciais para melhorias no projeto e na construção tanto do ponto de vista de confiabilidade como de qualidade.

A pré-operação é uma fase muito instável caracterizada por transientes que ocorrem até se alcançar o nível normal de operação da Planta de processo, daí a necessidade de se redobrar os cuidados com procedimentos de operação, manutenção, emergência, e de trabalho seguro, assim como o treinamento do pessoal, inspeções de campo para localizar equipamentos críticos de segurança, *vents* e drenos, saídas de emergência e facilidades para acesso a válvulas em locais de difícil acesso ou de localização remota.

Com Controle e resposta a emergência, pode haver dificuldades práticas de se implantar planos de emergência, surgidas em grande parte em função das desarticulações nas interfaces entre a indústria, o poder público e a comunidade local.

Duarte (2002) pontua que para se preparar um plano de ação de emergência é necessário que tenham sido cumpridas as seguintes etapas: 1)Avaliação dos acidentes já ocorridos; 2) Identificação dos cenários de acidentes potenciais da Planta, e, 3) Estimativa do espaço vulnerável aos acidentes identificados e de suas respectivas conseqüências.

Uma outra questão que também não pode deixar de ser mencionada é o papel dos setores envolvidos no atendimento médico de emergências, dos serviços da saúde no

Xatendimento de emergências e os principais aspectos que devem compor a sua preparação na relação com os planos de emergências.

No que concerne à Investigação de acidentes relacionados com o processo, as lições que podem agregar valor no aprendizado para evitar que os mesmos erros sejam cometidos no futuro, segundo Duarte (2002), são acidentes que, via de regra, são os mais catastróficos, e, por conseguinte, os mais traumáticos para o ambiente de trabalho. A presença desses elementos determina alguns complicadores: comprometimento do valor dos depoimentos e interferência na investigação que busca estabelecer responsabilidades imediatas.

Para ajudar a superá-los, sugere algumas diretrizes básicas para investigações em contextos sensíveis, tornado-as objetivas e proveitosas, a saber: haver firme determinação em ampliar investigações internas, objetivando neutralizar as causas que contribuíram para a ocorrência do acidente e conduzir a investigação de forma organizada e responsável.

Duarte (2002) cita também metodologia para investigação de acidentes com origem em pesquisas sobre os fatores humanos, que evoluiu para uma teoria mais ampla sobre os mecanismos sobre como eles ocorrem e suas causas diretas e indiretas que poderia ser usada com um referencial para promoção da melhoria desse elemento de gestão.

Finalizando, à Auditoria do sistema de GRP, cabe mencionar que um dos aspectos mais relevantes é que a gestão não termine com mais um relatório de auditoria, mas que seja usado como um sistema de conseqüências que tenha consecução garantida, a fim de assegurar que o GRP seja realmente eficaz e que as não-conformidades encontradas sejam realmente corrigidas.

# 10 **CONCLUSÃO**

## 10.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados encontrados permitem concluir que é fundamental para qualquer empresa que atue no segmento *upstream* petroquímico básico, a constante antecipação de resultados e prontidão pelos riscos que apresentam.

Entretanto, para se avançar na superação dos limites presentes no estado do conhecimento atual é necessário se reconhecer:

- Os limites inerentes, incertezas e vieses inerentes ao próprio processo de análise de riscos e sua relação com o gerenciamento de riscos;
- Os limites de cada uma das disciplinas envolvidas na gestão de riscos e a necessidade de engajamento de todos para construção de abordagens integradoras;
- A necessidade de se evidenciar a percepção de riscos e trazê-la para uma ampla discussão de modo a se para implementar estratégias de gerenciamento de riscos,
- As questões culturais quanto tratam da necessidade de desenvolver tarefas e atividades com disciplina operacional

Embora o custo para a implementação de um GRP possa ser considerado significativo inicialmente em termos de pessoal e de investimentos, há, por outro lado, benefícios mensuráveis médio e longo prazo na mitigação dos riscos e alocação dos recursos necessários.

Há, no entanto, muito ainda por se fazer para que mudanças mais estruturais possam reverter o quadro atual. A proposta metodológica ora apresentada, é apenas uma das diversas vertentes que vêm sendo desenvolvidas recentemente, e sua aplicação pode ser de particular interesse para os profissionais e instituições responsáveis por políticas e estratégias globais de gerenciamento de riscos de acidentes, principalmente no âmbito das organizações.

## 10.2 QUESTÕES

Experiências observadas no gerenciamento de empresas do segmento de processamento sinalizam que muitas práticas recomendadas e padrões industriais internacionais estabelecem um mínimo de requisitos, que ultimamente tem sido foco de crescente demanda, mas que freqüentemente vem sendo excedidos, pois esse segmento tem a percepção de que é fundamental atuar no mercado de forma responsável.

Essas demandas podem ser nitidamente identificadas como provenientes de um mercado que é altamente competitivo, da sociedade civil da qual as empresas fazem parte, do braço da lei, dentre outros. Responder a esses questionamentos significa encontrar respostas que passam pelo entendimento da fenomenologia de por que as instalações de processamento falham, quão freqüentes são essas falhas, que conseqüências elas trazem, e o que pode ser feito para elas não falharem e aquilo que pode ser feito para remediar o que já aconteceu, evitando-se escalonamentos.

Riscos, para a indústria de processamento, e, especificamente de petroquímicos básicos, é parte intrínseca do negócio. E, assim sendo, requer ferramentas de gestão à altura de sua importância.

O gerenciamento de riscos entra em cena exatamente para propiciar o acesso integrado à gestão em uma organização, objetivando melhores resultados através da identificação de oportunidades e diminuição de perdas, cujas ações são permeadas na organização, desde os níveis estratégicos até os operacionais.

Com um sistema eficaz de gestão, no sentido lato dessas conclusões, muitos questionamentos são respondidos e resolvidos.

Como foi visto nos Capítulos 1 e 4, quando as questões levantadas e a conceituação dos riscos industriais e sua delimitação vieram à baila, a modelagem e a quantificação dos riscos permite, pelo menos:

- Realizar o mapeamento dos processos e estabelecer a distribuição percentual de todos os riscos de cada sistema e subsistema da instalação;
- Pesquisar cenários de acidente e as tipologias das vulnerabilidades dos recursos dentro e fora das mesmas e simular danos causados por acidentes catastróficos com produtos perigosos;
- Pesquisar pontos críticos e de não conformidades existentes em Plantas de processo, com foco na segurança e proteção ao meio ambiente;
- Apontar necessidade de mudanças e intervenções de *hardware*, *software* e de procedimentos;
- Tornar mais efetiva a utilização de recursos humanos e materiais no pronto atendimento e no controle e resposta a emergência;
- Fomentar o diálogo com Órgãos de controle ambiental e a sociedade civil.

## 10.3 ASPECTOS MAIS RELEVANTES DOS DIAGNÓSTICOS

No estrito senso do bojo do presente trabalho, constatou-se que a complexidade que envolve o processamento petroquímico são fatores relevantes que apontam a necessidade de haver uma cuidadosa estimativa de recursos humanos e materiais, que deverão ser compromissados em processos dessa envergadura como é o GRP. Alguns aspectos aparentemente simples podem no decorrer dos trabalhos, representar aportes iniciais significativos da força de trabalho.

Exemplificando, o dispêndio de homem-hora para atualizar e cadastrar fluxogramas de engenharia com todos os equipamentos de processo, instrumentos, válvulas, etc., visando identificar riscos de processo, pode ser mais que o dobro do dispêndio para conduzir as ARP's.

Os diagnósticos obtidos na PPG/ORION, PCG/AQUILA e na PPPB/DÆDALUS evidenciaram que muitos dos requisitos da API RP 750 já estão em curso sendo implantados, fruto, em parte, de processos institucionais de certificação e auditorias realizados nessas instalações em épocas anteriores, o que significa melhora e evolução sintonizada com vem sendo praticado internacionalmente.

Outro aspecto positivo que se observou foi existir uma cultura enraizada na força de trabalho de se realizar ARP's, seja com APR's ou com HAZOP's, fruto de forte treinamento havido no uso de técnicas de ARP, mas nem sempre essa raiz está sistematizada e institucionalizada através de procedimentos formais. Há também uma predisposição visível para aceitar a realização de auditorias.

Os diagnósticos individuais de cada Planta de processo propiciaram o cotejo mediante comparação de resultados entre elas, induzindo-se à visão no sentido lato dessas conclusões. Os elementos de gestão que se afiguraram como os mais sensíveis nas três instalações, e de certa forma comuns, foram:

- <u>Informações de segurança de processo</u> (grifo nosso), pela pouca disciplina operacional de se documentar tempestivamente modificações, ainda que pequenas e a título de melhoria. É prática comum (até mesmo por questões culturais) fazer a mudança antes e atualizar a documentação depois, mediante cadastramento "*as built*";
- <u>Análise de riscos de processo</u> (grifo nosso), apesar de habitualmente usada, ainda não há a percepção muito nítida de que realizar APR's e HAZOP's significa se obter uma visão instantânea de dado setor de uma Planta de processo em um determinado momento específico. O que vale para esse momento, não pode ser extrapolado por um longo período *a posteriori*, dado que nesse ínterim modificações de *hardware*, *software*, procedimentos e da força de trabalho podem ocorrer, introduzindo novos riscos não detectados anteriormente, sobretudo quando introduzirem e induzirem a ocorrência de falhas aleatórias, nem sempre prontamente auto-evidenciáveis.
- <u>Gerenciamento de modificações</u> (grifo nosso), por não estarem ainda de todo institucionalizados alguns pontos fundamentais como, por exemplo, a necessidade de se identificar e classificar os diversos tipos de modificações; realização de ARP's antes de se efetuar a mudança, obter aprovação formal para se realizar a mudança, depois de avaliados os riscos; não documentar a mudança. Estão sendo envidados, todavia, diversos esforços para se reverter esse quadro;
- <u>Garantia da qualidade e integridade mecânica de equipamentos críticos</u> (grifo nosso), como já visto, em boa parte pela pouca percepção, ainda, da utilidade dos parâmetros operacionais críticos, é pouca a percepção da necessidade de haver um acompanhamento mais dirigido e dedicado do desempenho, confiabilidade e disponibilidade de grandes máquinas, filtros, tubulações críticas de processo, sistemas de alívio e despressurização,

malhas de controle, alarmes e inter-travamentos associados a parâmetros operacionais críticos.

- Controle e resposta a emergência (grifo nosso), no que tange ao planejamento de emergências para os casos de acidentes industriais com produtos perigosos em Plantas de processamento petroquímico. Por mais que se invista em prevenção e controle de riscos, é necessário considerar que existe sempre a probabilidade de ocorrerem cenários de acidente, de modo que tanto a indústria, órgãos governamentais, comunidades e trabalhadores devem estar preparados para agir em situações de emergência, sendo o planejamento um instrumento fundamental para mitigar as conseqüências.

## 10.4 FECHAMENTO

Como fechamento deste capítulo, há evidências observadas através de fatos e dados que possibilita a inferência de que a metodologia estruturada ora apresentada, satisfazendo os critérios de enquadramento das instalações e premissas previamente definidas, pôde ser replicada independentemente da instalação. Os resultados encontrados apresentam coerência de forma e conteúdo, são consistentes e estruturados, permitindo posterior tratamento, análise e, o mais importante, servirem de base de conteúdo para se estabelecerem planos de ação inseridos no contexto do ciclo PDCA da Gestão Estratégica pela Qualidade, foco do que se pretendia demonstrar nos itens 1.1 - Considerações iniciais e 1.7 - Formulação da situação-problema.

## 10.5 PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS E CONTINUIDADE DO TEMA

O tema objeto do presente trabalho apresenta características multidisciplinares. Destarte, várias competências são necessárias à sua consecução, abrindo um amplo espectro de áreas de interesse para a pesquisa em atividades de ponta gerando um efeito multiplicador e de fomento de avanço tecnológico na produção de conhecimentos.

Não está muito distante o momento em que Agências e Órgãos governamentais possam tornar compulsória a adoção por parte das empresas do segmento *upstream* de

processamento - no caso em pauta o de petroquímicos básicos, de sistemas integrados de gerenciamento de riscos de processo no atendimento à legislação trabalhista, evitando que, por conta de acidentes catastróficos com produtos perigosos milhares de vidas de trabalhadores sejam ceifadas a cada ano; à legislação previdenciária, evitando dispêndios milionários dos cofres públicos com lesões incapacitantes permanentes; e à legislação ambiental para geração de passivos ambientais de demorada recuperação.

Nesse ínterim, para atender tais demandas, várias áreas de competência poderiam vislumbrar oportunidades de crescimento tecnológico, sobretudo no Brasil, como por exemplo, no ramo de pesquisa científica da engenharia química e mecânica no campo dos fenômenos de transporte (mecânica dos fluídos, transferência de massa e de calor), para desenvolvimento e validação experimental de aplicativos (*softwares*) para modelagem de efeitos físicos de radiações térmicas, sobrepressões de pico e impulsos de explosões e de dispersões atmosféricas e em meio líquido e sólido de produtos perigosos.

Outra linha de pesquisa poderia ser o das ciências hidrodinâmica e ambiental, com o desenvolvimento local de aplicativos que modelem fenômenos de interação entre movimentos de corpos d'água (contínuo) e escoamentos multifásicos de vazamentos de produtos petroquímicos e o estudo da vulnerabilidade da flora e fauna aquáticas.

Outra oportunidade de melhoria poderia ser a contribuição da Universidade criando linhas de pesquisas no nível de doutoramento e pós-doutoramento, em projetos de parceria com empresas dos segmentos petroquímico, químico e de petróleo para desenvolver sistemas computacionais que permitam integrar elementos de um sistema de gestão de riscos de processo em tempo real, com possibilidade de mapear processos, construir e montar as lógicas dos macro-fluxos dos processos produtivos, fazendo "rodar" o PDCA em tempo real, acoplados a aplicativos para cálculo de efeitos físicos, por exemplo.

Isso remete à dificuldade observada pelo autor ao longo do presente trabalho sobre a falta, no mercado nacional, de aplicativos disponibilizados e de conhecimento universalizado, que permitisse a execução do mapeamento dos processos de forma expedita, o que demandou um prazo que poderia ter sido reduzido a um terço ou um quarto do que foi gasto. Se esse dispêndio for extrapolado para um complexo petroquímico como, por exemplo, o de Camaçari, no Estado da Bahia, com mais de cinqüenta empresas e mais de uma centena de plantas petroquímicas de básicos e de segunda e terceira geração, a economia de tempo e de recursos seria significativa.

Enfim, gerenciamento de riscos de processo feito de forma eficiente é uma das mais benéficas ferramentas, após tudo o que foi dito a respeito. Mas, para ser verdadeiramente

eficiente, é preciso que à gestão sejam também disponibilizadas ferramentas informatizadas à altura. E é justamente aí que a Universidade, pelo poder aglutinador de competências que possui e, pelo próprio papel que desempenha na sociedade, poderia ser um forte vetor no sentido promover seu papel de vanguarda e de fronteira.

**REFERÊNCIAS**

OBRAS CITADAS


ACKERMAN-LIEBRICH, U.; BRAUN, C.; RAPP, R. C., Epidemiologic analysis of an environmental disaster: the Schweizerhalle experience. **Environmental Research**, Switzerland, v. 58, n. 1, p. 1-14, June 1992.

AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS. Center for Chemical Process Safety. **Guidelines for chemical process quantitative risk analysis**. 2nd ed. New York, c2000.

______. **Guidelines for hazard evaluation procedures**. 2nd ed. New York, c1992.

______. **Guidelines for technical management of chemical process safety**. New York, c1989.

AMERICAN MEDICAL ASSOCIATION. **A tale of two stories**: constrasting views of patient safety: report from a workshop on assembling the scientific basis for progress on patient safety. Chicago, 1998.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. **API RP 750**: management of process hazards. 1st ed. Washington, D.C., 1990, Reaffirmed, 1995.

______. **API RP 75**: recommended practice for development of a safety and environmental management program for Outer Continental Shelf (OCS) operations and facilities. 2nd ed. Washington, D.C., 1998.

______. **API PUBL. 761**: model risk management plan guidance for exploration and production (E&P) facilities – guidance complying with EPA’s RMP Rule (40 Code of Federal Regulations, Part 68). 1st ed. Washington, D.C., 1997.

______. **API PUBL. 760**: model risk management plan guidance fo petroleum refineries - guidance complying with EPA’s RMP Rule (40 Code of Federal Regulations, Part 68). 2nd ed. Washington, D.C., 1998.

______. **API PUBL. 2007**: safe maintenance practices in refineries. Washington, D.C., [1983?].

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. **API RP 510**: pressure vessel inspection code maintenance inspection, rating, repair and alteration. Washington, D.C., [19--].

______. **Guide for inspection of refinery equipment**. 1st ed. Washington, D.C., 1957.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9001**: sistemas de gestão da qualidade: requisitos. Rio de Janeiro, 2000.

______. **NBR ISO 14001**: sistemas de gestão ambiental: especificação e diretrizes para uso. Rio de Janeiro, 1996.

BAZARRA, L. C. **Ingeniería del valor y diagrama FAST**. 2003. Disertación (Maestría en Productividad)-Universidad Autónoma del Noreste, Acuña, 2003.

BERTAZZI, P. A. Industrial disasters and epidemiology: a review of recent experiences. **Scandinavian Journal of Work Environmental Health**, Helsinki, v. 15, n. 2, p. 85-100, 1989.

______. Long term effects of chemical disasters: lessons and results from Seveso. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 106, p. 5-20, 1991.

BOAVENTURA, I. A. G.; FELTHES NETO, E. C. **Diagrama de atividade**: projeto e desenvolvimento de sistemas de informação. São José do Rio Preto: Universidade Estadual Paulista. 2002

BOSH, C. J. H.; WETERINGS, R. A. P. M. **Methods for the calculation of physical effects:** due to release of hazardous materials: liquids and gases. 3rd ed. The Hague: The Netherlands Organization of Applied Scientific Research, 1997. 2v. (Yellow Book. CPR, 14E. Deel 1).

BP CARSON REFINERY. **Executive summaries.** California, [1999]. Disponível em: <http://www.rtknet.org/rmp>. Acesso em: 15 dez. 2003.

BRITISH STANDARDS INTERNATIONAL. **BS 8800**: guide to occupational health and safety management systems. London, 1996.

______. **OHSAS 18001**: occupational health and safety management systems: specifications. London: 1999.

CALIFÓRNIA. Office of Emergency Services. **Guidance for the preparation of a risk management and prevention program.** Los Angeles, 1989.

CARSON, P. A.; MUNFORD, L. J. Reporting and analysis of industrial incidents -1981-1986. **Industry and Environment** , Paris, v. 11, p. 23-29, 1998.

CHEMICAL pollution: a global overview. Geneva: UNEP, 1992.

CLEMENS, P. L. Guidelines for writing operating procedures. [S.l.], 2002. Disponível em: < http://www.jacobssverdrup.com/safety/guidelines.pdf >. Acesso em: 26 jul. 2003.

CONTROL OF INDUSTRIAL MAJOR HAZARDS. **Control of industrial major hazards regulations**. London, 1984.

THE COUNCIL OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. Council Directive of 24 June 1982 on the major hazards of certain industrial activities: 82/501/EEC: Seveso Directive. **Official Journal of European Communities**, Luxembourg, n. L85/36, p. 18, 05 Aug. 1982.

DE CICCO, F. M. G. A. F., FANTAZZINI, M. L., **Introdução à engenharia de segurança de sistemas**. 3. ed. São Paulo: FUNDACENTRO, 1981.

DE CICCO, F. M. G. A. F. Gerência de riscos: ampliando conceitos. **Proteção**, São Paulo, n. 27, fev./mar. 1994.

DE CICCO, F. M. G. A. F.; FANTAZZINI, M. L. Os riscos empresariais e a gerência de riscos. **Proteção**, São Paulo, n. 27, fev./mar. 1994. Suplemento especial, 1.

DEKKER, S. W. A. Reconstructing human contributions to accidents: the new view on error and performance. **Investigação e análise de acidentes de trabalho**, Rio de Janeiro, ano 1, n. 1, p. 5-17 abr. 2002.

DE ROOS, A. J. **Methods for the determination of possible damage to people and objects resulting from releases of hazardous material**. Voorburg: TNO, 1992. (Green Book. CPR, 16E).

______. **Methods for the determining and processing probabilities**. 1 st ed. Voorburg: TNO, 1988. (Red Book. CPR, 12E).

THE DOW CHEMICAL COMPANY. **Risk management plans (RMP)**: executive summary. California, [2001]. Disponível em: <http://www.rtknet.org/rmp>. Acesso em: 15 dez. 2003.

DOWSETT, I.; SICH, M.; RANDELL, D.; BEHIE, S.;. **ARPEL report**: international review of risk management systems. Montevideo: ARPEL, 2000. (ARPEL Occupational Health and Safety, n.9).

DROGARIS, G. **Major accident reporting system**: lessons learned from accidents notified. London: Elsevier, c1993.

DUARTE, M. S. J. **Auditoria e treinamento para planejamentos de emergência em refinarias de petróleo**. 1996. Tese (Doutorado)-Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1996.

**______. Riscos industriais**: etapas para a investigação e a prevenção de acidentes. Rio de Janeiro: FUNENSEG : PETROBRAS Distribuidora, 2002.

DUNN, M. R. **Guidelines for the use of risk assessment methods**: improving decision making. Houston: Shell Development Company, 1997.

DWYER, Tom. **Life and death at work**: industrial accidents as a case of socially produced error. New York: Plenum, c1991.

EISENBERG, N. A.; LYNCH, C. J.; BREEDING, R. J. **Vulnerability model**: a simulation system for assessing damage resulting from marine spills: AD/A-015245, NTIS report CG-D-137-75. [S.l.]: US Coast Guard, 1975. p. 1-23

ESTADOS UNIDOS. Congress. House. Committee on Education and Labor. **Occupational safety and health act of 1970 standards**: part 1910**.** Washington, D.C., 1970.

ESTADOS UNIDOS. Congress. House. Committee on Energy and Commerce. Subcommittee on Health and the Environment. **Clean air act amendments.** Washington, D.C., Nov. 15, 1990.

ESTADOS UNIDOS. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. **Process safety management of highly hazardous chemicals:** 55 FR 29150. Washington, D.C., July 17, 1990.

______. **Employee emergency plans and fire prevention plans:** 29 CFR 1910.38(a). Washington, D.C., [19--].

______. **Explosives and blasting agents:** 29 CFR 1910.109. Washington, D.C., 1993.

ESTADOS UNIDOS. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. **Fire brigades:** 29 CFR 1910.156. Washington, D.C., [19--].

______. **Hazard communication:** 29 CFR 1910.1200(c). Washington, D.C., 1993.

______. **Hazardous waste operations and emergency response:** 29 CFR 1910.120. Washington, D.C., [19--].

______. **Overhead and granty cranes:** 29 CFR 1910.179. Washington, D.C., [19--].

______. **Permit-required confined spaces:** 29 CFR 1910.146. Washington, D.C., [19--].

______. **Process safety management.** Washington, D.C., 1993. (OSHA, 3132). Reprinted.

______. **Process safety management guidelines for compliance.** Washington, D.C., 1993. (OSHA, 3132). Reprinted.

______. **Process safety management of highly hazardous chemicals**: 29 CFR 1910.119, p. 6356. Washington, D.C., Feb. 24, 1992.

______. **Process safety management of highly hazardous chemicas, notice of proposed rulemaking**: 29 CFR 1910.119. Washington, D.C., July 17, 1990.

______. **Process safety management of highly hazardous chemicals standard:** 29 CFR 1910.119, p. 6356. Washington, D.C., Feb. 24, 1992.

______. **Process safety management of highly hazardous chemicals standard:** FEDERAL REGISTER FR 57 (36):6402-6408 OSHA CFR 1910.119, Washington, D.C., Feb. 24, 1992.

______. **The control of hazardous energy (lockout/tagout):** 29 CFR 1910.146. Washington, D.C., [19--].

ESTADOS UNIDOS. Department of Transportation. **Federal safety standards.** Washington, D.C.: LGN, 1990.

ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. Risk management program under clean air act, section 112 (r) (7): 40 CFR 68. **Federal Regulation**,Washington, D.C., v. 61, n. 120, p. 31667, June 20, 1996.

ESTEVES, A. S. **APR**: análise preliminar de riscos e HAZOP: estudos de perigos e operabilidade: metodologia para instalações “onshore” e ”offshore”: (Rev. 0). Rio de Janeiro: PETROBRAS/E&P, 1996. (Rev. 3, 1999).

ESTEVES, A. S.; HOLANDA, M. E. F. **Especificação técnica ET-3100.00-1000-947-001**: processo de gestão de riscos (PGR): (Rev. B). Rio de Janeiro: PETROBRAS/E&P-GETINP/GEFAP, 1996.

ESTEVES, A. S.; LIMA, G. B. A.; QUELHAS, O. L. G. Avaliação e gerenciamento de riscos de processo em um núcleo de produção de petróleo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE, 7., 2003, Rio de Janeiro. **Anais**… Rio de Janeiro:UFRJ, 2003.

ESTEVES, A. S.; LIMA, J. C. **Gerenciamento de perigos de processo, sistema integrado de análise e gerenciamento de riscos**: SIGRI. Rio de Janeiro: PETROBRAS/DEPRO/DENGE: PETROBRAS/DEPIN/REDUC, 1993. v. 20

ESTEVES, A. S.; MELO, R. U. **Especificação técnica ET-3400.00-8000-983-PAR-001**: avaliação dos riscos atuais e diretrizes básicas para atualização dos planos de contingência: instalações de produção da UN-RNCE: produção, escoamento e processamento de óleo e gás: (Rev. D). Rio de Janeiro: PETROBRAS/UN-RNCE, 2003.

FLEISHMAN, A. B.; HOGH, M. S. The development of risk acceptability criteria for worldwide application: an international energy company view. In: CONFERENCE OF THE SOCIETY OF RISK ANALYSIS. 3., 1991, Paris. **Annals**... Paris: [s.n.], 1991.

______. The use of cost benefit analysis in evaluating the acceptability of industrial risk: an illustrative case study. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM LOSS PREVENTION AND SAFETY PROMOTION IN THE PROCESS INDUSTRIES, 6., 1989, Oslo. **Annals**… Oslo: [s.n.], 1989.

FREITAS, C. M. **Acidentes químicos ampliados**: incorporando a dimensão social nas análises de riscos. Rio de Janeiro, 1996. Tese (Doutorado) - Escola Nacional de Saúde Pública /Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 1996.

FREITAS, C. M.; PORTO, M. F. S.; GOMEZ, C. M. Acidentes químicos ampliados: um desafio para a saúde pública. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 29, n. 6, p. 503-514, dez. 1995.

FREITAS, C. M.; PORTO, M. F. S.; MACHADO, J. M. H. **Acidentes industriais ampliados:** desafios e perspectivas para o controle e a prevenção. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2000.

FREITAS, N. B. B.; PORTO, M. F. S.; FREITAS, C. M. **Acidentes químicos ampliados**: a visão dos trabalhadores. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE RISCOS DE ACIDENTES MAIORES, 1995, Atibaia. **Anais**... São Paulo: FUNDACENTRO, 2000.

FRIZZONE, J. A.; SILVEIRA, S. F. R. Análise econômica de projetos hidroagrícolas: SILVA, D. D.S.; PRUSCKI, F. C. (Ed.). **Gestão de recursos hídricos:** aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos; Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; ABRH, 1998. p. 564-567.

GLICKMAN, T. S.; GOLDING, D.; SILVERMAN, E. D. **Acts of God an acts of man**: recent trends in natural disasters and major industrial accidents. Washington, D.C.: Resources for the Future, 1992. (Discussion paper. CRM, 92-02).

GLICKMAN, T. S.; GOLDING, D.; TERRY, K. S. **Fatal hazardous materials accidents in industry:** domestic and foreign experience from 1945 to 191. Washington, D.C.: Center for Risk Management, 1993.

HAGUENAUER, L. **O complexo químico brasileiro**: organização e dinâmica interna. Rio de Janeiro: UFRJ / Instituto de Economia Industrial, 1986. (Texto para discussão, n. 86).

HOFFMAN, R. R.; WOODS, D. D. Studying cognitive systems in contex. **Human Factors**, California, v. 42, n. 1, p. 1-7, 2000.

HOOKE, M. H. **National minerals industry safety and health risk assessment guideline**: version 2. Queensland: Minerals Council of Australia, 2003.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 17776**: petroleum and natural gas industries: offshore production installations: guidelines on tools and techniques for hazard identification and risk assessment. 1st. ed. Geneve, 2000.

INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION. **A guide to contingency planning for oil spills on water**. London, 1991. (IPIECA report series, v. 2).

ISHIDA, T.; OHTA, M.; SUGIMOTO, T. The breakdown of an emergency system following a gas explosion in Osaka and the subsequent resolution of problems. **The Journal of Emergency Medicine**, New York, v. 2, n. 3, p. 183-189, 1985.

JARVIS, S. N. et al. Illness associated with contamination of drinking water supplies with phenol. **British Medical Journal**, London, v. 290, n. 6484, p. 1800-1802, 1985.

JONES, D. A (Ed.). **Nomenclature for hazard and risk assessment in the process industries**. 2nd. ed. United Kingdom: Institution of Chemical Engineers, 1992.

JONES, G. Experience of dealing with chemical accidents in North America. In: COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY SOBRE O GERENCIAMENTO DOS ASPECTOS AMBIENTAIS DE SAÚDE DE ACIDENTES COM SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS. São Paulo: CETESB, jun. 1994. Comunicação pessoal.

KULINSKI, E. S. Implementation of the API recommended practice management of process hazards. In: INTERNATIONAL CONFERENCE AND WORKSHOP ON CHEMICAL PROCESS SAFETY MANAGEMENT, 1990, Toronto. **Annals**… Toronto: [s.n.], 1990.

LEBARBENCHON, L.; SIMPLICIO, D. M.; ESTEVES, A. S.; HOLANDA, M. E. F; SILVA, C. R. **Processo de gestão de riscos** - PGR E&P/BA. Salvador: EIDOS do Brasil Análise de Sistemas Industriais e Ambientais; PETROBRAS/E&P, 1997.

LEES, F. P. **Loss prevention in the process industries**: hazard identification, assessment, and control. 2nd ed. Boston: Butterworth-Heinemann, 1996.

LIMA, G. B. A., **Uma abordagem multicritério para a avaliação do grau de risco dos ramos de atividade econômica**. 2000. Tese (Doutorado)-Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

LITOVITZ, T. et al. Occupational and environmental exposures reported to poison centers. **American Journal of Public Health**, Washington, D.C., v. 83, n. 5, p. 739-743, 1993.

LOSS histories focus on “large losses in pipelines”. **Risk Engineering Newsletter**, London, Jan./Mar. 2003.

MAIMON, D. **Passaporte verde:** gestão ambiental e competitividade. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1996.

MARKOWITZ, J. S. et al. Acute health effects among firefighters exposed to a polyvinyl chloride (PVC) fire. **American Journal of Epidemiology**, Baltimore, v. 129, n. 5, p. 1023-1031, May, 1989.

MATTOS, U. A. O. **Introdução à segurança do trabalho**. Niterói, 2003. Notas de aula do curso de Mestrado Profissional do LATEC/UFF/CTE.

MOHINDRA, S. Vulnerability on effects modeling. In: PROENCO BRASIL. **Programa de fortalecimento institucional da área ambiental da Petrobras**: projeto GASBOL. [S.l.]: JPD Training, 1999.

MONITORAMENTO seletivo da informação: investigação e análise de acidentes de trabalho. Rio de Janeiro: PETROBRAS. SMS, 2003.

MOSSMAN, D. J.; SCHNNOR, J. L.; STUMM. W. Predicting the effects of a pesticide release to the Rhine River. **Journal of the Water Pollution Control Federation**, Washington, D.C., v. 60, n. 10, p. 1806-1812, 1988.

NOGUEIRA, D. P. O problema das emergências causadas por produtos químicos e a saúde da comunidade. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v. 13, n. 51, p. 24-27, 1985.

OIL INDUSTRY SAFETY DIRECTORATE. **OISD-GDN-206**: guidelines on safety management petroleum sector. [Indian], 2002. Disponível em: <http://www.oisd.org/petrosafe-April2002/safe_managment1.htm>. Acesso em: 15 dez. 2003.

OLIVEIRA, L. F. S., BARDY, M. B.; ESTEVES, A. S. **Avaliação dos riscos atuais e futuros & estrutura básica para elaboração do plano de contingência da faixa de dutos Miranga-Santiago (BA), interconexões e instalações limítrofes**. Rio de Janeiro: PRINCIPIA Engenharia da Confiabilidade; PETROBRAS/E&P, 1998.

OLIVEIRA, L. F. S.; DINIZ, F. L. B.; ESTEVES, A. S.; LIMA, J. T. **Avaliação e gerenciamento dos riscos e diretrizes básicas para atualização de plano de contingência da UN-BSOL**. Rio de Janeiro: DNV PRINCIPIA; PETROBRAS/E&P, 2001.

OLIVEIRA, L. F. S.; LIMA, J. E. P.; ESTEVES, A. S.; ASSIS, L. F. **Projeto Petrobras BA 602A**: avaliação dos riscos atuais & diretrizes do plano de contingência da UPGN-CATU, Núcleo Santiago (área de movimentação de gás) e Estação Recife: Rev. A. Rio de Janeiro: DNV PRINCIPIA; PETROBRAS/E&P, dez. 1999.

OMENN, G. S. et al. Risk assessment and risk management in regulatory decision-making. In: UNITED STATES. Presidential/Congressional Commission on Risk Assessment and Risk Management. **Final report**. [Washington, D.C.]: The Commission, 1997. v. 2.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Health aspects of chemical accident:** guidance on chemical accident awareness, preparedness and response for health professionals and emergency responders. Paris, 1994. (Environment monograph, n. 81).

ORGANIZATION RESOURCES COUNSELORS. **Recommendations for process hazards management of substance with catastrophic potential.** Washington, D.C., 1988.

OTWAY, H. J. Regulation and risk analysis. In: OTWAY, H. J.; PELTU, M. (Ed.). **Regulating industrial risks:** science, hazards and public protection. London: Butterworths, 1995. p. 1-19.

OZOG, H.; STICKLES, R. P. **Gerenciamento de perigos de processo:** (Normas API RP 750, OSHA 1910.119 e Diretrizes CCPS comentadas por Arthur D. Little). Tradução, revisão e catalogação de Julio César de Araújo Lima e Alan Da Silva Esteves. Rio de Janeiro: PETROBRAS/DEPIN/REDUC, PETROBRAS/DEPRO/DENGE, set. 1993.

______. **Management of process hazards.** Cambridge: Arthur D. Little, 1990.
PEARCE, F. After Bhopal, who remembered Ixhuatepec? **New Scientist**, London, v. 107, p. 22-30, 1985.

RAMUSSEN, J. e BATSTONE, R. (1989). **Why do complex organizational systems fail?**. Washington, D.C.: World Bank,, 1989. (Environment working paper, n. 20)

REASON, J. T. Grace under fire: compensating for adverse events in cardiothoracic surgery. In: CONFERENCE ON NATURALISTIC DECISION MAKING, 5, 2000, Stockholm. **Proceedings** ... Mahwah, : L. Erlbaum Associates, 2000.

REINO UNIDO. Health & Safe Executive. **MHIDAS:** major hazards incident data service. Warrington: AEA Technology; Safety and Reliability Directorate (SRD), 2000.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social**: métodos e técnicas. 3. ed. rev. e ampl. São Paulo: Atlas, 1999.

ROURE, J.; MOÑINO, M.; RODRIGUEZ-BADAL, M. A. **La gestión por procesos:** la gestión estratégica de los procesos, metodologias para la mejora permanente de los procesos, casos practicos. Barcelona: Folio, 1997. (Biblioteca IESE de Gestión de Empresas, v. 47).

SCHOBBEN, H. P. M.; SCHOLTEN M. C. Th. Probabilistic methods for marine ecological risk assessment. **ICES Journal of Marine Science,** Dauphin Island, v. 50, n. 4, p. 349-358, Nov., 1993.

SOUZA, F. J. B. et al. **Processo de gestão de riscos:** PGR/COCECON. Rio de Janeiro: PETROBRAS. COCECON, Abr. 1997.

TAYLOR, J. R. **Risk analysis for process plant, pipelines and transport**. Glumso: Taylor Associates Aps: E & FN Spon, 2000.

TEMPLE, W. A. **The ICI fire, Auckland, New Zealand.** 1994. Trabalho apresentado no Simpósio IPCS sobre o gerenciamento dos aspectos ambientais e de saúde de acidentes com substâncias químicas, São Paulo, Jun. 1994.

THE E&P FORUM. **Guidelines for the development and application of health , safety and environmental management systems**: report nº 6.36/210. London, July, 2004.

THEYS, J. La societé vulnérable. In: FABIANI, J. L.; THEYS, J. (Org.). **La société vulnerable:** evaluer et maîtriser les risques. Paris: Presses de l'Ecole normale supérieure, [1987]. p. 3-35.

VINNEM, J. E. **Offshore risk assessment** : principles, modelling and applications of QRA studies. Dordrecht: Kluwer Academic, 1999.

WHAT really concerns energy underwriters? **Risk Engineering Newsletter**, London, Jan./Mar. 2003.

WOODS, D. D.; JOHANSEN, L. J.; COOK, R. I.; SARTER, N. B. **Behind human error**: cognitive systems, computers and hindsight. Dayton: CSERIAC, 1994.

WORCESTER, incident revives concern over drinking water safeguards. **Ends Report Bulletin**, [s.l.], n. 232, p. 3-5, 1994.

WORLD BANK. **Techniques for assessing industrial hazards**: a manual. Washington, 1998. (World Bank Technical Paper, n. 555).

ZEBALLOS, J. L. **Explosión de gas de Guadalajara, México**. México: Organización Panamericana de Salud, Programa de Preparativos para Situaciones Emergenciais y Coordinación del Socorro en Casos de Desastres, 1992.

OBRAS CONSULTADAS


AMERICAN INDUSTRIAL HYGIENE ASSOCIATION. **Response planning guidelines**. Ohio, 1988.

AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS. Center for Chemical Process Safety. **Guidelines for safe storage and handling of high toxic hazardous materials**. New York: AIChE, 1988.

BASSO, J. L. **Engenharia e análise do valor**. São Paulo: IMAM, 1991.

CHEMICAL INDUSTRIES ASSOCIATION. **A guide to hazard and operability studies**. London, 1990.

______. **Managing process changes**: a manager's guide to implementing and improving management of change systems**.** Washington, D.C.,1993.

______. **Responsible care progress report**. Washington, D.C., 1992.

CSILLAG, M. **Análise do valor**. 3. ed. ampl. e atual. Rio de Janeiro: Atlas, 1991.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. **Termo de referência para elaboração de estudos de análise de riscos**. São Paulo, 2002.

CURTY, Marlene Gonçalves; CRUZ, Anamaria da Costa; MENDES, Maria Tereza Reis. **Apresentação de trabalhos acadêmicos, dissertações e teses**: (NBR 147/2002). Maringá: Dental Press , 2002.

ENVIRONMENTAL management in oil and gas exploration and production: an overview of issues and management approaches. London: The E&P Forum: UNEP, 1997.

ESTEVES, A. S. **Capacitação das unidades operativas em análise de riscos e confiabilidade**: projeto CAP-7. Rio de Janeiro: PETROBRAS/E&P/GETINP, 1996.

ESTEVES, A. S. **Cálculo de efeitos físicos e vulnerabilidades**: programa PCAR. Rio de Janeiro: PETROBRAS/E&P/GETINP, 1999.

ESTEVES, A. S. **Disponibilização de novas tecnologias**: projeto ENG-9. Rio de Janeiro: PETROBRAS/E&P/GETINP, 1995.

ESTEVES, A. S.; SIMÕES FILHO, S. **Análise e gerenciamento de riscos nas indústrias**: panorama atual. In**:** SEMINÁRIO NORTE-RIOGRANDENSE DE SEGURANÇA E SAÚDE DO TRABALHADOR, 2., 1993, Natal. **Trabalhos apresentados…**Natal: [s.n.], 1993.

IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES. **Hazard and reliability manual**. London: Engineering Department, Hazard and Reliability Section: London, 1998.

INTERNATIONAL CONFERENCE AND WORKSHOP ON RISK ANALYSIS IN PROCESS SAFETY, 1997, Atlanta. **International Conference and Workshop on Risk Analysis in Process Safety**. New York: AiChE, 1997.

OZOG, H. Hazard identification, analysis and control. **Chemical Engineering,** Washington, D.C., n. 2, p. 161-170, 1985.

OZOG, H.; BENDIXEN, L. M. Hazard identification and quantification. **Chemical Engineering Process**, London, Apr., 1987.

PAGE, G. A. **Risk management program**. Wayne: American Cyanamid Company, 1990.

PEREIRA FILHO, R. R. **Análise do valor**: processo de melhoria contínua. Rio de Janeiro: Nobel, 1994.

PETROBRAS/DEPRO/RPSE/DIREN. **Elaboração de fluxogramas**: procedimento interno. Macaé, 1993.

RISK analysis and management manual. Cambridge: Arthur D. Little, Inc., 1990.

RISK management. Missouri : The Dow Chemical Company,1990.

STICKLES, R. P.; OZOG, H.; LONG, M. H. Facility major risk survey**.** In: SPRING NATIONAL MEETING OF THE AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS, HEALTH AND SAFETY SYMPOSIUM, 1990, Orlando. [**Annals…**] Orlando: AIChE, 1990.

TNO INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL SCIENCES, ENERGY RESEARCH AND PROCESS INNOVATION. Department of Industrial Safety. **Fire, explosion and dispersion models for accidental releases of hazardous materials:** effects software manual version 2.1. Apeldoorn, 1996.

# GLOSSÁRIO[98]

**Abastecimento:** Denominação adotada internacionalmente pela indústria petrolífera para designar o segmento de Abastecimento, compreendendo o refino, ou o processamento propriamente dito, transporte, movimentação, armazenamento a granel de petróleo e seus derivados. É considerado como um segmento *downstream*.

**Acidentes industriais catastróficos com produtos perigosos**: Também denominados na literatura como "acidentes químicos ampliados", "acidentes industriais ampliados" são eventos agudos, como incêndios, explosões e dispersões nas atividades de produção, isolados ou combinados, envolvendo um ou mais produtos e/ou substâncias perigosas, por exemplo, fumos, fumaças, pós, gases ou vapores de produtos tóxicos, corrosivos, com potencial de causar simultaneamente múltiplos danos, sociais, ambientais e à saúde física e mental dos seres vivos expostos, cujo potencial transcende e extrapola os limites espaciais (bairros, cidades, etc.) e temporais (teratogênese, mutagênese, etc.), a órgãos-alvo específicos nos seres vivos, à fauna e flora no meio ambiente futuro, além de impactos psicológicos e sociais sobre populações expostas[99].

***Air cooler:*** Um tipo de permutador de calor que usa o ar como "fluido frio" para resfriar o "fluido quente", que com ele troca calor no interior do permutador.

**Alquilação:** Processo químico orgânico usado na indústria petroquímica que compreende reações de introdução de um radical alquila em uma molécula de uma substância.

---

[98] As definições dos termos e expressões foram elaboradas, dentre outras referências de domínio público, com base nas seguintes Obras:

- AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS. Center for Chemical Process Safety. *Guidelines for chemical process quantitative risk analysis*. 2nd ed. New York, c2000.
- ______. *Guidelines for technical management of chemical process safety*. New York, c1989.
- BOSH, C. J. H.; WETERINGS, R. A. P. M. *Methods for the calculation of physical effects: due to release of hazardous materials: liquids and gases*. 3rd ed. The Hague: The Netherlands Organization of Applied Scientific Research, 1997. 2v. (Yellow Book. CPR, 14E. Deel 1).
- DE ROOS, A. J. *Methods for the determination of possible damage to people and objects resulting from releases of hazardous material*. Voorburg: TNO, 1992. (Green Book. CPR, 16E).
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 17776: *Petroleum and natural gas industries: offshore production installations: guidelines on tools and techniques for hazard identification and risk assessment*. 1st. ed. Geneve, 2000.
- JONES, D. A (Ed.). *Nomenclature for hazard and risk assessment in the process industries*. 2nd. ed. United Kingdom: Institution of Chemical Engineers, 1992.

[99] Conforme Freitas, Porto e Gómez (1995) e de acordo Convenção 174 da Organização Internacional do Trabalho (OIT) sobre a prevenção de acientes industriais ampliados.

**Análise de Riscos**: Estimativa quantitativa de risco baseada em avaliações de engenharia e técnicas matemáticas de combinar conseqüências e freqüências de eventos indesejáveis.

**Área de Negócios:** Segmento principal de uma dada área de atuação de uma empresa.

**Árvore de Falhas (*Fault Tree Analysis* - FTA):** Técnica quantitativa usada em engenharia da confiabilidade para modelar qualitativa e quantitativamente a lógica de acontecimentos, circunstâncias e falhas de equipamentos, componentes e sistemas de Instalações Operacionais que levem a um evento indesejável iniciador de um acidente.

**Aspecto de SMS:** Elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com a segurança, o meio ambiente e a saúde. Os aspectos ambientais definidos de acordo com a NBR ISO 14001 incluem-se nos aspectos de SMS.

**Atividade:** É o conjunto de tarefas ou etapas que visa atender um objetivo.

**Ativo de Produção - ATP:** Neste trabalho, representa o conjunto de Plantas de processo e instalações administrativas, que realizam atividades operacionais e de suporte técnico com administração e autonomia próprias, compondo uma Unidade de Negócios – UN.

**Análise de Riscos de Processo - ARP:** Aplicação de uma ou mais técnicas analíticas que ajudam na identificação e avaliação dos riscos de processo (processamento).

**BLEVE** (*Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion*): Explosão de vapor de líquido em ebulição e expansão.

***Blow out*:** Erupção súbita de um poço de petróleo.

***Booster*:** Equipamento de impulsionamento de fluidos (bombas, compressores, ventiladores, soparadores) que são instalados em série com outros equipamentos similares com o fito de aumentar a vazão de recalque ou altura manométrica.

***Bypass*:** Caminho alternativo de fluxo encontrado em uma instalação hidráulica ou elétrica, normalmente instalado em torno de um equipamento ou instrumento de controle que atue

diretamente na corrente de fluxo, com a finalidade de facilitar a retirada para manutenção do equipamento. Dispositivo de contorno de uma válvula, equipamento, instalação, que permite um caminho alternativo para continuidade operacional.

**Cenário de acidente:** Qualquer situação adversa em uma instalação operacional que possa vir a ocasionar uma emergência.

**Complexo (ou Pólo) Petroquímico:** Conjunto de Plantas de processo e instalações auxiliares de diversas empresas localizadas num mesmo sítio, para processamento e movimentação de produtos petroquímicos básicos, seus derivados de segunda e terceira geração, hidrocarbonetos e produtos vários, que operam de forma relativamente independente.

**Corrosivos:** Substâncias que destroem superfícies com as quais entram em contato. Líquidos corrosivos podem ocasionar queimaduras de alto grau pela ação química sobre os tecidos vivos.

**CPQRA** (*Chemical Process Quantitative Risk Analysis*): Análise Quantitativa de Riscos de Processo.

**Coqueamento:** Processo químico usado em refinarias de petróleo que consiste da formação de coque siderúrgico utilizando altas pressões e temperaturas.

**Deflagração:** Reação química de uma substância na qual a frente de reação avança na parte da substância que não reagiu, numa velocidade abaixo da velocidade sônica. Quando uma onda de pressão (*blast wave*) é produzida e tem potencial e causar danos, o termo "deflagração explosiva" é usualmente adotado.

**Detonação:** Liberação de energia causada por uma reação química extremamente rápida de uma substância na qual a frente de reação avança com velocidade acima da velocidade sônica.

**Diagrama de Atividades:** É a representação visual composta por um fluxograma seqüencial de ações das tarefas críticas, destinadas à implantação e operacionalização do processo e de um texto. Esta representação é composta por três ou mais colunas que identificam o que e como necessita ser feito e quem executa as tarefas, etc.

**Diagrama FAST *(Function Analysis System Technique)*:** Técnica Sistemática de Análise de Funções, é um raciocínio lógico sobre a análise de funções e apresenta visualmente o relacionamento entre funções desempenhadas por um produto, serviço ou sistema. As etapas do raciocínio são representadas por funções (básica e derivadas) compostas preferencialmente de um verbo e um substantivo, e descritas no texto com um formato próprio, além da representação gráfica em forma de figura.

**Dispersão gasosa:** É a formação de uma nuvem de qualquer gás ou vapor que se mistura com o ar atmosférico e que é transportada por efeito da turbulência do ar.

**Dispersão líquida:** é a formação de uma mancha de um produto que se que mistura na água e é transporta a por efeito da turbulência da água.

**Dose:** Relação entre o tempo de exposição e a concentração do agente de risco existente no ambiente de trabalho.

***Downstream*:** Corrente secundária ou terciária de um processo produtivo.

**E&P:** Denominação adotada internacionalmente pela indústria petrolífera para designar o segmento de Exploração e Produção de petróleo. É considerado como um segmento *upstream*.

**"Envelope":** ver *underground*.

**Equipamento crítico:** Equipamento e outros sistemas determinados como essenciais na prevenção o acontecimento de uma ocorrência ou que atenuam as conseqüências de um vazamento incontrolado. Tais equipamentos podem incluir vasos, maquinaria, tubulações, BOPs, cabeças de poço e válvulas relacionadas, *flares*, alarmes e intertravamentos, equipamento de proteção contra fogo e outros sistemas de controle e resposta.

**Explosão:** É uma liberação de energia que ocorre em intervalo de tempo pequeno e que, aos sentidos humanos, é aparentemente instantâneo. Pode resultar de uma rápida reação de oxidação, geralmente envolvendo hidrocarbonetos, da decomposição de substâncias endotérmicas, deflagração ou detonação de gases e vapores inflamáveis, deflagração de pós, deflagração de líquidos inflamáveis vaporizados, por detonação nuclear ou por reação auto-

catalítica, levando a efeitos de sobrepressão que causam danos com forte e repentino deslocamento de ar.

**Explosivos:** Substâncias que, em determinadas condições, são capazes de se decompor rapidamente, gerando violenta liberação de energia.

**Exposição Aguda:** Exposição de curta duração ou resultante de uma dose única.

**Exposição Crônica:** Exposição relacionada a maiores períodos, com implicação de que uma única exposição não resulta em qualquer risco em particular.

**Fertilizante nitrogenado**: produto obtido por meio de processamento petroquímico, envolvendo substâncias contendo nitrogênio como, por exemplo, amônia, nitratos, dentre outros.

***Fireball*****:** ver Incêndio em bola em fogo.

***Flare*****:** Denominado também como queimador de segurança, é um tipo de equipamento de segurança de uma Planta de processo para queimar gases tóxicos e/ou inflamáveis oriundos de operações de alívio, despressurização, abertura de válvulas de segurança, condições anormais de operação.

**FMEA/FMECA *(Failure Modes and Effects Analysis/Failure Modes, Effects and Criticality Analysis)***: Análise de Modos de Falha e Efeitos/Análise de Modos de Falha, Efeitos e Criticalidade, método sistemático de avaliar e documentar as causas e os efeitos tipos conhecidos de falhas de componentes/uma variação da *FMEA* que inclui uma estimativa quantitativa da significância da conseqüência de um modo de falha.

**Força de trabalho:** Pessoas que executam atividades para uma corporação incluindo empregados próprios, estagiários, prestadores de serviço caracterizados como autônomos, cooperativados de cooperativas contratadas, empregados de outras empresas que prestem serviços ou executem atividades contidas no objeto do contrato com a empresa contratada.

***Fouling*****:** Incrustração depositada no interior de tubulações, tubos de permutadores de calor, tubos de fornalhas, etc.

**Gasóleo pesado:** Fração pesada de hidrocarbonetos obtida de corte lateral em torre de destilação a vácuo de uma refinaria de petróleo, entre o gasóleo leve e resíduo de vácuo.

**Gerenciamento (ou Gestão) de riscos:** Aplicação sistemática de políticas de gerenciamento, procedimentos e práticas para análise de tarefas, avaliação e controle de riscos a fim de proteger o homem, meio ambiente e a propriedade, garantindo a continuidade operacional. Inclui a adoção de medidas técnicas e/ou administrativas para prevenir, controlar riscos, visando sua redução.

**GLP:** Uma mistura de gases liquefeitos propano e butano.

**Grande risco:** ver Risco maior.

***Hardware*****:** Partes de um sistema, ou o próprio sistema, relacionada com os dispositivos, componentes, equipamentos projetados para que executar uma determinada tarefa, p. ex., disco rígido de um micro-computador.

***Header*****:** Tubulação coletora na linha de sucção ou descarga de uma máquina impulsionadora de fluido (bomba, compressor, soprador, etc.)

**Hidrocarboneto:** substância química orgânica composta de cadeia constituída por átomos de carbono e hidrogênio, podendo a cadeia ser linear, aromática ou cíclica.

**Hidrocraqueamento:** processo químico que consiste na quebra de moléculas de hidrocarbonetos pesados, utilizando petróleos com baixo grau API, ricos em asfaltenos, produzindo outros derivados.

**Hidrogenação:** processo químico utilizado em refinarias de petróleo para eliminação de enxofre da cadeia de hidrocarbonetos para retirar enxofre, obtendo gás sulfídrico como sub-produto.

**Impacto em SMS:** Qualquer modificação, adversa ou benéfica do meio ambiente e/ou das condições de segurança e/ou da saúde, que resulte das atividades, produtos ou serviços de uma organização.

**Incêndio:** Combustão de um produto inflamável.

**Incêndio em bola de fogo (*fireball*):** É a combustão de vapor inflamável formado pela súbita evaporação de um gás liquefeito pressurizado contido num vaso de pressão ou em uma tubulação que se rompeu catastroficamente, e que ao se misturar como o ar se eleva por efeito térmico, diferença de densidade e turbulência.

**Incêndio em jato (*jet fire*):** É a combustão de material inflamável que evapora através de um furo existente em um equipamento de processo ou na parede uma tubulação que ocorre com grande turbulência.

**Incêndio em poça (*pool fire*):** É a combustão de material inflamável que evapora de uma camada de líquido na base (poça) do incêndio.

**Incêndio em nuvem (*flash fire*):** É a combustão de uma mistura de vapor inflamável e ar na qual a velocidade de chama é menor do que a velocidade sônica, de modo que os danos gerados por sobrepressão são desprezíveis.

**Inflamável:** ver Líquido inflamável.

**"Jumpeamento" (*jumping*):** Procedimento espúrio adotado na operação de uma Planta, com intuito de simplificar ou acelerar um procedimento formal, um projeto, ou a configuração de um equipamento ou lógica de controle, seja em situação normal ou numa emergência.

**Líquidos Combustíveis:** Substâncias que possuem ponto de fulgor igual ou superior a 37,8 $^{o}$C e inferior a 93,3 $^{o}$C, conforme norma NFPA 45.

**Líquidos Inflamáveis:** Substâncias que possuem ponto de fulgor inferior a 37,8 $^{o}$C e pressão de vapor que não exceda 275 kPa (2,80 kgf/cm2) absoluta a 37,8 $^{o}$C, conforme norma NFPA 45.

**Líquidos Instáveis ou Líquidos Reativos:** Substâncias que, em sua forma pura ou comercial, se polimerizam, se decompõe ou se condensam, violentamente, ou que se tornam auto-reativas sob condições de choques, pressão ou temperatura.

**LPG:** (*Liquefied Petroleum Gás*), a mesma coisa que GLP no idioma Português.

**LNG:** (*Liquids of Natural Gas*): O mesmo que Líquidos de Gás Natural - LGN, também denominada de "corrente $C_5$", uma mistura composta de pentanos ou frações mais pesadas, também conhecida como "$C_5^+$".

**Malha de controle:** Conjunto de componentes elétricos, eletrônicos, hidráulicos, organizados e inter-travados segundo uma lógica de atuação, projetada para cumprir uma determinada tarefa, p. ex., desligar uma bomba quando ocorre nível alto de um fluido dentro de um tanque de armazenamento.

***Manifold*:** Dispositivo de manobra de fluidos, constituído de válvulas e outros elementos de tubulação.

**Medida mitigadora:** Conjunto de intervenções que se faz em uma Instalação Operacional, sejam elas de *hardware*, de *software* e/ou de procedimentos objetivando torná-la mais segura.

**Método:** É o caminho ou a maneira para chegar a determinado fim ou objetivo.

**Metodologia:** São os procedimentos e regras utilizadas por determinado método.

**Mudança:** Qualquer alteração permanente ou temporária em relação a uma situação existente em uma instalação, atividade ou operação, durante todo o seu ciclo de vida, que modifique os riscos existentes ou altere a confiabilidade de sistemas. Inclui mudanças de pessoas, na tecnologia e nas instalações.

**Mudança na força de trabalho:** Mudança advinda de: admissão, transferência, substituição temporária ou permanente, redução ou aumento de contingente, promoção com mudança de

função ou retorno às atividades após afastamento, que possa caracterizar alteração no risco, ou no modo de operação, ou na forma de intervenção no processo, inclusive em emergências.

**Mudança na instalação:** Mudança ou inclusão de itens nas instalações, edificações, sistemas, equipamentos e componentes, durante todo o seu ciclo de vida, sem a modificação da tecnologia.

**Mudança na tecnologia:** Mudança nas características de insumos e produtos (inclusive resíduos) de um processo e/ou nas condições nas quais o processo é desenvolvido (incluindo *software*).

**Operação:** É a execução de um processo.

**Operação unitária:** Operação realizada na indústria química, petroquímica, de petróleo, mineração, nuclear, relacionada com o processamento e transformação de matérias primas em produtos intermediários e finais, sub-produtos, envolvendo troca e/ou transferência de matéria e/ou de energia, p. ex., destilação, filtração, moagem, transferência de calor, transferência de massa, secagem, evaporação, etc., em uma única fase ou entre fases.

**Parâmetro operacional crítico:** Parâmetro de processo (vazão, temperatura, pressão, etc.) associado a um equipamento cujo desvio possa acarretar algum tipo de vazamento de matéria e/ou energia e redundar ou evoluir para um acidente catastrófico.

**PAMH:** Neste trabalho, refere-se a uma Planta de Armazenamento e Movimentação de Hidrocarbonetos, podendo ser instalações de manobra e re-direcionamento de produtos, armazenamento de produtos intermediários e finais, elevação intermediária de pressão por meio de impulsionadores *boosters* de fluidos para serem processadas em outras instalações, dentre outras.

**PCG:** Neste trabalho, refere-se a uma Planta de Compressão de Gás, que visa comprimir e movimentar gases utilizados na indústria petroquímica dotada de compressores e toda sua parafernália associada, lançadores e recebedores de *pig* e demais instalações auxiliares e de apoio.

**PDCA:** Sigla no idioma inglês significando a abreviação de *Plan* (P - planejar), *Do* (D - fazer), *Check* (C - “checar”, verificar) e *Act* (A - atuar), em consonância com o estabelecido no ciclo PDCA adotado pela Gestão pela Qualidade Total.

**Perigo:** Fonte ou situação com potencial de provocar danos em termos de ferimentos humanos ou problemas de saúde, danos à propriedade, ao meio ambiente ou a uma combinação deles

**Petróleo:** no estado líquido é uma substância oleosa, inflamável, menos densa que a a água, com cheiro característico e cor variando entre o negro eo castanho, constituído, basicamente, por uma mistura de compostos químicos orgânicos (hidrocarbonetos). Os principais grupos e componentes dos óleos são os hidrocarboneos satuarados, os hidrocarbonetos aromáticos, as resinas e os asfaltenos.

**Petroquímico básico:** produto de primeira geração geralmente líquido ou gasoso usado como insumo no segmento *upstream* da indústria petroquímica, podendo ser, por exemplo, amônia, etano, eteno, propeno, butadieno, benzeno, tolueno, xileno, ciclo-hexano, nafta petroquímica, gás natural, dentre outros.

**Petroquímico derivado:** produto derivado dos petroquímicos de segunda ou terceira geração, sólido, líquido ou gasoso obtido a partir do processamento de petroquímicos básicos, do segmento *downstream* da indústria petroquímica, podendo ser, por exemplo, uréia, polietileno, polipropileno, policarbonato, dentre outros.

***Pig*:** Sistema de limpeza de dutos em forma de êmbolo, que é transportado ao longo de tubulações mediante diferencial de pressão.

**Planta de processamento petroquímico:** Abreviadamente Planta de processo, Planta, neste trabalho, são equipamentos e componentes numa determinada área produtiva, utilidade ou de apoio. Compreende prédios, contêineres ou *equipamentos* que razoavelmente possam ser esperados participar em vazamentos catastróficos de matéria e/ou energia pelo fato de estarem fisicamente interligados ou estarem próximos a outras instalações nas quais substâncias perigosas são usadas, estocadas, produzidas, processadas, transportadas, tratadas, manuseadas, movimentadas, mediante operações unitárias que envolvam diversos sistemas e equipamentos

de operação. Uma ou várias Plantas de processo compõem um Ativo de Produção, e podem estar localizadas ou não num complexo petroquímico, ou isoladamente em estados da Federação. Ver também Ativo de Produção e Unidade de Negócios.

***Plug* de hidrato:** Tamponamento de uma linha por congelamento de água no escoamento de hidrocarboneto gasoso.

**Pluma:** Denominação dada a uma "nuvem" de vapor ou gás ou de uma "mancha" de líquido formada após um vazamento, que se dispersam, respectivamente, na atmosfera e em outro líquido, usualmente a água.

**Poliduto:** Duto multi-propósito para transporte, por exemplo, de gás, petróleo, óleo combustível óleo lubrificante, álcool.

**PPG:** Neste trabalho, refere-se a uma Planta de Processamento de Gás, sendo um conjunto de instalações de processamento de qualquer gás.

**PPPB:** Neste trabalho, refere-se a uma Planta que realize processamento de qualquer petroquímico básico.

**Processamento:** Também denominado pocesso, é a maneira estruturada, controlada e medida, através da qual matérias primas e insumos são transformados mediante operações unitárias seguindo leis, equações e correlações da Engenharia Química, contemplando equações de estado, balanços de material e de energia colocados em jogo durante a transformação, considerando ainda as necessidades dos clientes e as exigências ambientais. São atividades que compõem a produção, estocagem, tratamento, transferência e consumo, em todas as Plantas de processo.

**Processo:** É o conjunto de atividades inter-relacionadas ou interativas que transforma insumos (entradas) em produtos (saídas). Inclui processos de trabalho de qualquer natureza conduzido em instalações e outras áreas.

**Produto perigoso:** Ver substância perigosa.

**Produto petroquímico:** São produtos obtidos em plantas petroquímicas mediante processamento de petroquímicos básicos.

**Quantidade limite:** Quantidade de substância tóxica que, se liberada, pode causar risco sério como resultado de uma exposição de uma hora ou menos. Quantidades limites necessitam serem estimadas para uma Instalação Operacional através do julgamento de engenharia e modelos de dispersão disponíveis.

**"Raquete":** Dispositivo de bloqueio "cego" (no sentido de promover o bloqueio total do diâmetro) temporário instalado em uma tubulação.

**"Raqueteamento":** Ato de instalar uma raquete.

***Reboiler:*** Também denominado de "refervedor", é qualquer tipo de permutador de calor que não use fogo como fonte de energia térmica para vaporizar um fluido, e que seja usado para atender necessidades térmicas em operações unitárias de processos de destilação, como, por exemplo, geração de vapor no fundo de torres de destilação, podendo o vapor produzido ser vapor d'água ou não.

**Risco:** Medida de perdas econômicas, danos ambientais ou lesões humanas, resultante da combinação entre a probabilidade de ocorrência de um acidente (freqüência) e a magnitude de perdas, danos e lesões (condeqüências).

**Risco maior:** É o conceito de risco, quando envolve acidentes catastróficos com sérios danos a pessoas, ao meio ambiente e propriedades, dentro e fora da Planta de processo, incluindo danos permanentes à saúde, decorrentes de um vazamento catastrófico ou efeito retardado.

**Rotina de Ação de Emergência:** Conjunto de ações a serem desencadeadas durante o atendimento a situações emergenciais geradas por vazamento do produto armazenado/movimentado na instalação operacional.

***Scrubbers*:** Equipamento de separação mecânica (impingimento, deposição, etc.) usualmente dotado de internos sob forma de colméia, chicanas, vertedouros, etc., muito utilizado na

indústria de petróleo para promover a separação de gotículas de condensado em uma corrente gasosa, por exemplo, na sucção de compressores de gás.

***Set point:*** Um dado valor fixado num instrumento indicador ou controlador para uma determinada variável de processo, p. ex. nível, pressão, normalmente expressando um limite de segurança, a partir do qual há desarme de um sistema.Ponto de calibração de um parâmetro de processo com o qual um dispositivo de controle é previsto operar.

***Shutdown:*** Desligamento automático de uma instalação operacional realizado a partir da ação de um dispositivo de desligamento de uma malha de controle quando da ocorrência de uma operação anormal.

***Shutoff:*** Válvulas que atuam num determinado valor assumido por um parâmetro de processo. Pode ser usado também para designar a altura manométrica quando a vazão do equipamento de impulsão de fluido opera com vazão nula.

**Sobrepressão de pico:** É o valor máximo do diferencial de pressão de uma explosão em relação à pressão atmosférica.

***Software:*** Dispositivos, mídias que executam uma determinada tarefa, comandados pelo *hardware*, p. ex., um programa de computador faz um determinado cálculo de engenharia.

***Sprinkler*****:** Bico para aspergir água, utilizados para sistemas fixos de combate a incêndio.

***Stakeholders*****:** Partes interessadas nos negócios de uma Corporação (público, acionistas, etc.).

**Substância perigosa (ou produto perigoso):** No contexto deste trabalho, é qualquer material inflamável ou explosivo que se enquadre no item 1.3 *(Scope),* subitens 1.3.1.1.a ou 1.3.1.1.b, respectivamente da norma API RP 750.

***Substance Hazard Index* - SHI:** Índice desenvolvido para identificar objetivamente até que ponto uma substância pode ser envolvida em um vazamento catastrófico. O índice é uma função simples da pressão de vapor e da toxidade. Quanto mais alta for a pressão de vapor de uma substância, mais prontamente ela se dispersará na atmosfera no caso de um vazamento.

Quanto maior for a toxicidade de uma substância, menor é a concentração necessária para haver perigo, e, portanto, maior será o índice SHI.

***Sweetening*:** "Adoçamento". Processo de retirada de Gás Sulfídrico do gás natural produzido, em terra ou no mar.

**Tarefa:** É a execução de uma prática ou procedimento

**Tipo de Emergência:** Termo utilizado para definir o conjunto de rotinas e procedimentos emergenciais de diferentes tipos (I, II, III), de acordo com as características e o porte da emergência.

**Toxicidade Local:** Refere-se à ação local de uma substância tóxica sobre a pele, pêlos, unhas, membranas ou mucosas.

**Toxicidade Sistêmica**: Refere-se à ação de uma substância tóxica quando absorvida pelo organismo através de via pulmonar, cutâneo-mucosa ou digestiva.

**Tóxico:** Substância que ao entrarem em contato com o organismo por inalação, ingestão ou absorção causam efeitos nocivos aos seres vivos.

**Toxicologia**: Estudo das ações nocivas das substâncias sobre os sistemas biológicos.

***Underground*:** Cabeamento elétrico ou de instrumentação, tubulações diversas de utilidades que normalmente são instaladas em "envelopes" (canaletas) subterrâneas.

**Unidade organizacional:** Componente da estrutura organizacional configurado para atender necessidades da divisão de trabalho, contando com gerente, equipe e responsabilidades próprias. É sinônimo de órgão, área ou gerência.

**Unidade de Negócios - UN:** Componente da estrutura organizacional de uma Área de Negócios - NA, configurado para atender necessidades da divisão de trabalho, contando com gerente, equipe e responsabilidades próprias, cuja missão é a produção e a entrega de produtos ao segmento *downstream*, ou a venda para um determinado segmento de mercado. Neste

trabalho, uma UN é composta de vários ATP's. Um ATP é composto de diversas Plantas de processo com suas instalações auxiliares. UN's e ATP's podem estar ou não fisicamente localizados num mesmo estado da Federação.

***Upstream*:** Corrente principal do processo produtivo.

**UVCE:** *Unconfined Vapor Cloud Explosions* (Explosão de nuvem não confinada de vapor).

**Vaso de *knock out*:** Vaso de processo onde se realiza a evaporação súbita de fração de hidrocarbonetos mais leves da corrente principal.

**VCE:** Vapor Cloud explosion (Explosão de nuvem confinada de vapor).

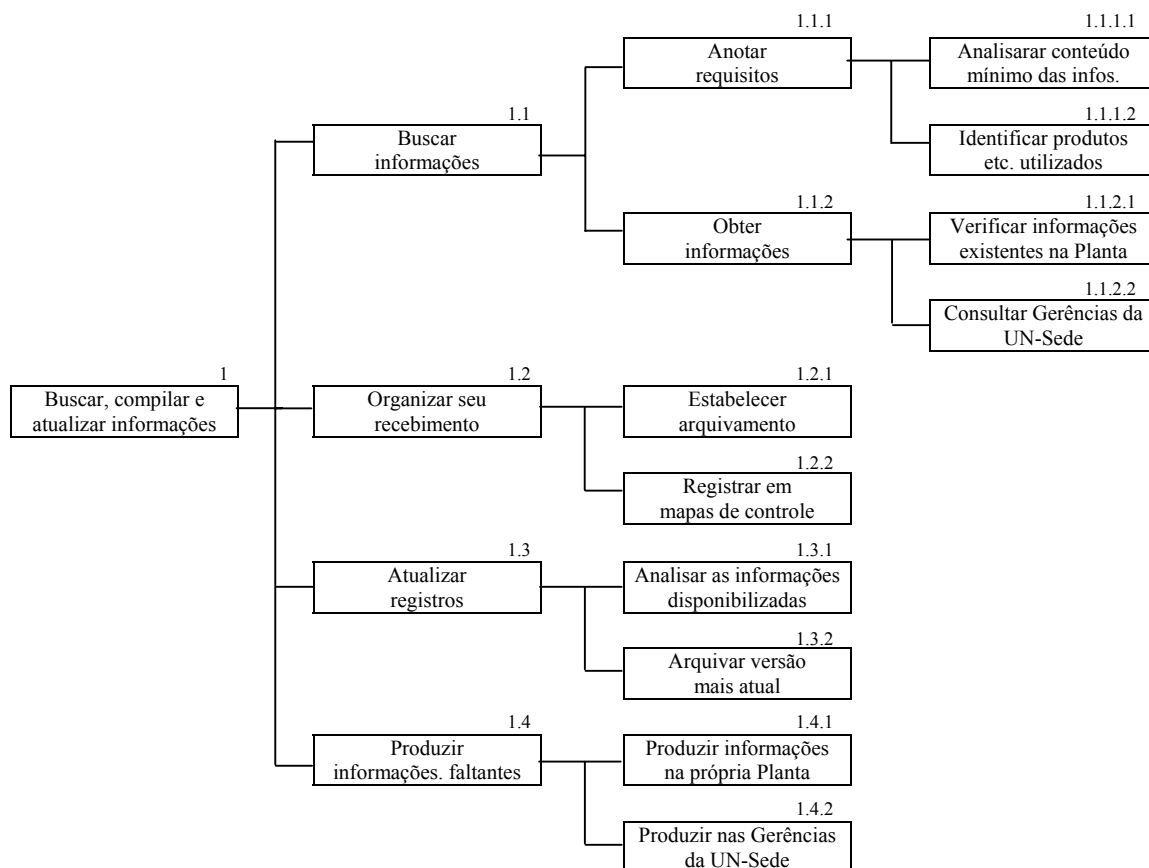
**Vazamento catastrófico:** Liberação de grande quantidade de uma ou mais substâncias perigosas que redundem em sério risco às pessoas dentro e fora da Planta de processo, meioambiente e recursos naturais proveniente de falhas descontroladas.

**Vazamento (de matéria e/ou energia):** Qualquer ocorrência anormal que resulte na liberação do produto armazenado/movimentado ao meio ambiente, podendo esta ocorrer em qualquer equipamento da Planta petroquímica, não estando necessariamente associada a uma emergência.

***Vent*:** Dispositivo instalado para proteção de um equipamento ou tubulação, normalmente aberto numa operação de purga ou alívio de pressão, também denominado "venteio".

**Vulnerabilidade:** Percentual do recurso vulnerável que é impactado pelos efeitos dos vazamentos de energia e/ou matéria.

**Zona de Emergência:** São áreas delimitadas a partir do ponto de vazamento, considerando as distâncias dos danos pessoais e dos danos materiais esperados devido à ocorrência de Incêndio de poças, Jatos de fogo, Explosões de Vapores Oriundos de Líquido em Ebulição e em Expansão (BLEVE) ou Explosão de Nuvem de Vapores não Confinados (UVCE) (sobrepressão).

# ANEXO A - DIAGRAMAS FAST E DIAGRAMAS DE ATIVIDADES DOS ONZE ELEMENTOS DE GESTÃO DE GRP - FLUXOGRAMAS 14 A 35

**Fluxograma 14** - Diagrama FAST do elemento de gestão Informações sobre segurança de processo.
Fonte: Lebarbenchon, Simplício, Esteves, Holanda e Silva (1997). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

O QUE?
COMO?
QUEM?
1.1.1.1
Analisar conteúdo mínimo das informações
Verificar nos requisitos quais são as Infos. Seg. Processo mínimas do projeto de processamento/mecânico, perigo dos produtos, etc., utilizadas no processo da Planta.
Coordenador Local do PGR
1.1.1.2
Indicar produtos, etc. utilizados
Realizar o levantamento e cadastrar denominação comercial e Técnicca de todos os produtos.
Gerente da Planta
1.1.2.1
Verificar informações existentes na Planta
Verificar, identificar e selecionar informações no servidor, arquivos, etc.
Gerente da Planta
A Planta as possui?
S
1
N
Consultar Gerências da UN-Sede
Consultar e selecionar formalmente as informações às Gerências de Apoio Técnico, Documentaçãao e Engenharia.
Coordenador Local do GRP
As Gerências da UN-Sede possuem as informações?
S
2
N
Produzir informações na própria Planta
Coletar dadoss e informações e desenvolvê-las com equipe da pópria Planta, anotar as builts, etc.
Gerente da Planta
Produzir informações nas Gerências da UN-Sede
Solicitar produção à essas Gerências. Caso não possam, contratar cadastramento as builts na área de processo.
Coordenador Local do GRP
Estabelecer arquivamento
Selecionar, estabelecer plano de arquivamento e identificar o melhor meio para se guardar aaas informações.
Gerente da Planta
Registrar em mapas de controle
Registrar título, data do registro, número e data da revisão, responsável pelo controle.
Gerente da Planta
1
2

**Fluxograma 15** - Diagrama de Atividades do elemento de gestão Informações sobre segurança de processo. Fonte: Lebarbenchon, Simplício, Esteves, Holanda e Silva (1997). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004)

**Fluxograma 16** - Diagrama FAST do elemento de gestão Análise de riscos de processo (ARP).
Fonte: Lebarbenchon, Simplício, Esteves, Holanda e Silva. (1997). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

O QUE?
COMO?
QUEM?
1.1.1
Analisar características das Plantas existentes
Definir critérios de priorização para analisar as Plantas existentes, levando em conta item 3.3.1 da API RP 750
Coordenador Local do GRP
1.1.2
Analisar características de processos novos e Plantas novas
Definir critérios de priorização para analisar processos novos e Plantas, levando em conta item 3.3.2 da API RP 750
Coordenador Local do GRP
1.1.3
Pesquisar dados para priorização
Pesquisar nas Plantas dados que permitam o enquadramento de priorização, conforme itens 1.1.1 e 1.1.2, e elaborar rol de prioridades para realizar as ARP's.
Gerente da Planta
1.2.1
Selecionar equipe
As ARP's devem ser realizadas por equipes de profissionais com experiência nas áreas de engenharia, operação, projeto, processamento, e outras especialidades julgadas aplicáveis. Pelo menos um membro deve conhecer técnicas de ARP.
Coordenador Local do GRP
1.2.2
Agendar e preparar reuniões
Informar à equipe com antecedência, o calendário das sessões e indicando com locais, datas e horários.
Coordenador Local do GRP
1.2.3
Realizar as APR's
Os riscos da Planta podem ser analisados mediante realização de uma APR, que os classifica como críticos, moderados e não-críticos.
Coordenador Local do GRP e demais participantes da APR
Os riscos são críticos?
N
1
S
1.2.4
Realizar os HAZOP's
Utilizar a técnica do HAZOP, para os riscos críticos encontrados na APR.
Coordenador Local do GRP e demais participantes do HAZOP
1
2
1.3.1
Analisar conformidades e aderência
Confrontar com as normas e procedimentos da UN-Sede, avaliando sua conformidade e aderência.
Coordenador Local do GRP e demais participantes do estudo
As medidas são conformes?
N
2
S
1.3.2
Utilizar critério "risco x custo x benefício", ou outros
Hierarquizar, através deste critério, as medidas mitigadoras dos riscos Utilizar outros critérios definidos na metodologia.
Coordenador Local do GRP e e demais participantes das ARP's
3

**Fluxograma 17** - Diagrama de Atividades do elemento de gestão Análise de riscos de processo (ARP). Fonte: Lebarbenchon, Simplício, Esteves, Holanda e Silva (1997). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

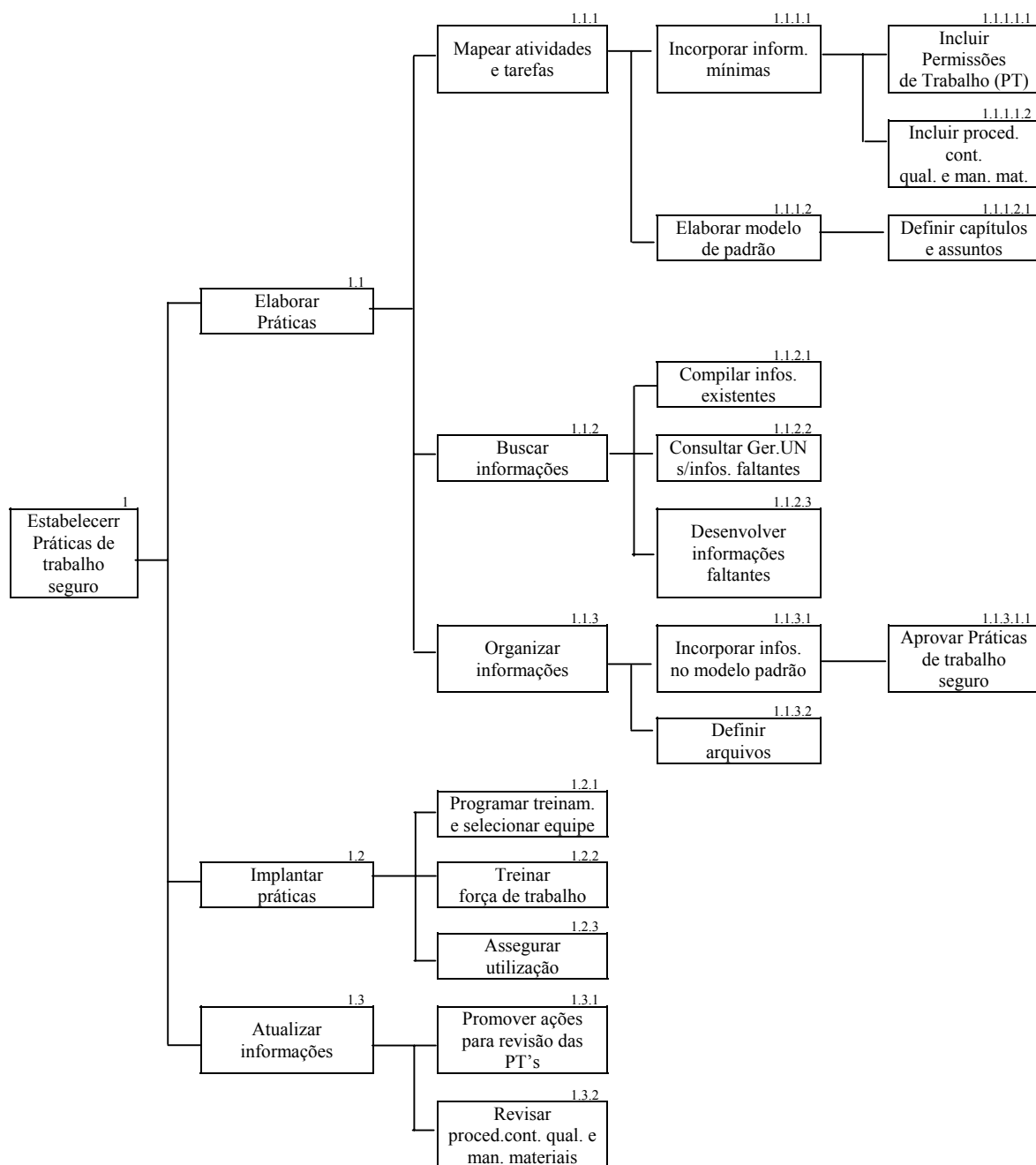
**Fluxograma 18** - Diagrama FAST do elemento de gestão Gerenciamento de modificações.
Fonte: Lebarbenchon, Simplício, Esteves, Holanda e Silva (1997). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

| O QUE? | COMO? | QUEM? |
|---|---|---|
| 1.1 Designar equipe | Constituir equipe multidisciplinar (engenharia, operação, seguran-ça, manutenção, inspeção, planejamento) para desenvolver padrões. | Coordenador Local do GRP |
| 1.2.1.1 Identificar outros modos de execução | Distinguir modificações de manutenção normal das alterações de grande porte e se mudanças de pequeno porte são realizadas como se fossem de manutenção | Equipe multidisciplinar |
| 1.2.1.2 Estabelecer documento formal de autorização | Estabelecer documento ou padrão para autorizar modificação (ex.: Permissão para Trabalho) | Equipe multidisciplinar |
| 1.2.2.1 Considerar modificações na tecnologia | Incluir nos padrões os requisitos da metodologia que considerem as situações normal mente não observadas como modificações por evolução tecnológica, | Equipe multidisciplinar |
| 1.2.2.2 Considerar modificações na Planta | Incluir nos padrões os requisitos da metodologia que considerem as situações normal mente não observadas como modificações mecânicas e que não aparecem em fluxogramas de engenharia. | Equipe multidisciplinar |
| 1.2.2.3 Considerar modificações na força de trabalho | Incluir nos padrões os requisitos da metodologia que considerem alterações na força de trabalho que comprometam a segurança (troca de turno, etc.) | Equipe Multidisciplinar |
| 1.2.3.1 Definir modificações de pequeno e grande porte | Estabelecer o que é considerado como modificação de pequeno e de grande porte, relacionando para cada situação uma lista de itens que caracterize e diferencie uma situação da outra. | Equipe multidisciplinar |
| 1.3.1.1 Incluir documentos do projeto de detalhamento | Incluir nos padrões que as propostas de modificações incluam documentos dos projetos de detalhamento, de processamento e mecânico. | Equipe multidisciplinar |
| 1.3.1.2 Determinar autorização e duração da mudança | Determinar nos padrões qual o nível hierárquico para realizar modificações e definir a duração das mesmas. | Equipe multidisciplinar |
| 1.3.2.1 Reavaliar modificações | Fazer constar nos padrões que elas sejam reavaliadas com detalhe conforme requerido na metodologia, usando HAZOP, se necessário. | Equipe multidisciplinar |
| 1.3.3.1 Atualizar padrões/desenhos | Revisar padrões, desenhos e procedimentos de operação, com a alocação de recursos necessária. | Equipe multidisciplinar Gerente da Planta |
| 1.3.3.2 Treinar força de trabalho | Descrever nos padrões que a força de trabalho deve ser treinada quando houver mudança em procedimentos de operação, práticas de trabalho seguro e quando houver alteração na força de trabalho | Equipe multidisciplinar Gerente da Planta |

**Fluxograma 19** - Diagrama de Atividades do elemento de gestão Gerenciamento de modificações. Fonte: Lebarbenchon, Simplício, Esteves, Holanda e Silva (1997). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

**Fluxograma 20** - Diagrama FAST do elemento de gestão Procedimentos de operação.
Fonte: Lebarbenchon, Simplício, Esteves, Holanda e Silva (1997). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

O QUE?
COMO?
QUEM?
1.1.1.1
Incorporar informações mínimas
Ler na API RP 750, item 5.1, qual o conteúdo mínimo das informações, dados, etc., que devem fazer parte do procedimento
Coordenador Local do GRP
1.1.1.2.1
Definir capítulos e assuntos
Organizar capítulos, assuntos,etc., tendo como referência o conteúdo mínimo das informações.
Coordenador Local do GRP
Gerente da Planta
1.1.2.1
Compilar informações existentes
Verificar nos fluxogramas de engenharia, manual de operação etc., entrevistando Supervisores e operadores.
Gerente da Planta
A Planta possui as Informações?
S
1
N
1.1.2.2
Consultar Gerências UN sobre informações faltantes
Consultar Gerências de Qualidade, Engenharia, Construção e Montagem, SMS, Manutenção, Documentação, etc.
Gerente da Planta
As Ger. da UN possuem as informações ?
S
2
N
1.1.2.3
Desenvolver informações faltantes
Gerar informações faltantes, com ajuda dos Operadores, descrevendo etapas das tarefas diárias.
Gerente da Planta
1.1.3.1.1
Aprovar Procedimento de operação
Obter aprovação formal da Gerente da Planta, preenchendo campos necessários à sua caracterização.
Coordenador Local do GRP
1
2
1.1.3.2
Definir arquivos
Identificar meio adequado, com aprovação da Supervisão.
Gerente da Planta
1.2.1
Implantar procedimentos em Plantas novas e modificadas
Providenciar que os procedimentos estejam elaborados antes da partida da Planta.
Gerente da Planta
1.2.2
Implantar proc. oper. quando mudança na Planta, tecnologia, ou força trabalho
Revisar os procedimentos quando houver modificações na tecnologia, mudança na Planta ou na força de trabalho.
Gerente da Planta
3

**Fluxograma 21** - Diagrama de Atividades do elemento de gestão Procedimentos de operação.
Fonte: Lebarbenchon, Simplício, Esteves, Holanda e Silva (1997). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

**Fluxograma 22 -** Diagrama FAST do elemento de gestão Práticas de trabalho seguro.
Fonte: Lebarbenchon, Simplício, Esteves, Holanda e Silva (1997). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

O QUE?
COMO?
QUEM?
1.1.1.1.1
Incluir Permissões de Trabalho
Conforme item 6.2 da API 750 contemplar atividades e recomendações.tradicionalmente cobertas pelas PT's
Coordenador Local do GRP.
1.1.1.1.2
Incluir Procedimentos de cont. qual.e manuseio de produtos, substâncias e materiais
Ler no escopo das Práticas qual o conteúdo mínimo de informações, que devem fazer parte dos Procedimentos de controle de controle e manuseio de produtos, substâncias e materiais.
Gerente da Planta
1.1.1.2.1
Definir capítulos e assuntos
Com base no conteúdo mínimo de informações, organizar capítulos, itens, etc. e distribuí-los no modelo de Práticas de trabalho seguro.
Coordenador Local do GRP e Gerente da Planta
1.1.2.1
Compilar informações existentes na Planta
Procurar documentação existente na Planta, manuais, desenhos,fluxogramas, etc., entrevistando supervisores e técnicos
Gerente da Planta
A Planta possui as informações?
S
1
N
1.1.2.2
Consultar Gerências da UN sobre infos. faltantes
Informações não localizadas na Planta devem ser solicitadas às Gerências que prestam informações e serviços.
Gerente da Planta
As Gerências da UN possuem as informações?
S
2
N
1.1.2.3
Desenvolver informações faltantes
Gerar informações que estão faltando com operadores da Planta, descrevendo etapas de suas tarefas diárias.
Gerente da Planta
1.1.3.1.1
Aprovar Práticas de trabalho seguro
Obter aprovação formal da Planta preenchendo campos necessários.
Coordenador Local do GRP
1.1.3.2
Definir arquivos
Identificar meio de arquivar as Práticas de trabalho seguro e os procedimentos de controle de qualidade, com autorização da Supervisão.
Gerente da Planta
3

**Fluxograma 23** - Diagrama de Atividades do elemento de gestão Práticas de trabalho seguro.
Fonte: Lebarbenchon, Simplício, Esteves, Holanda e Silva (1997). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

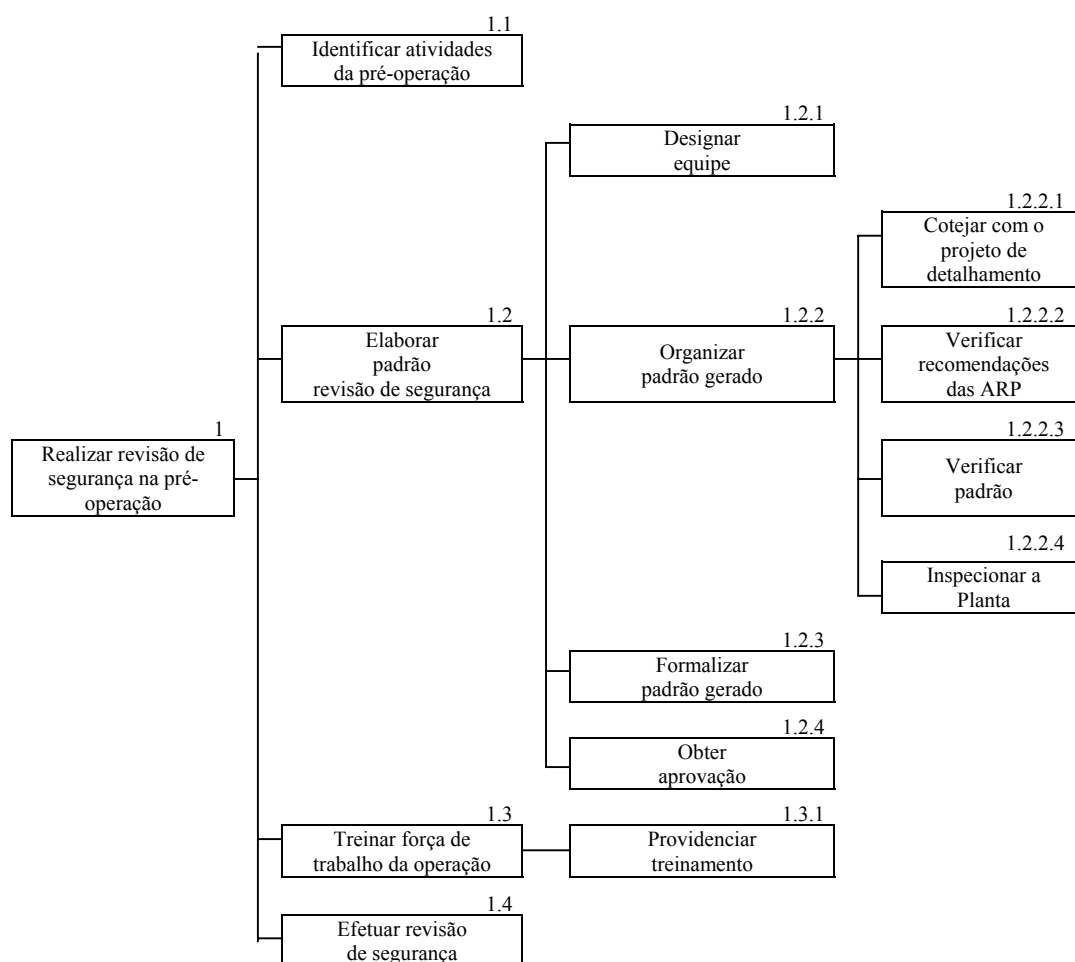
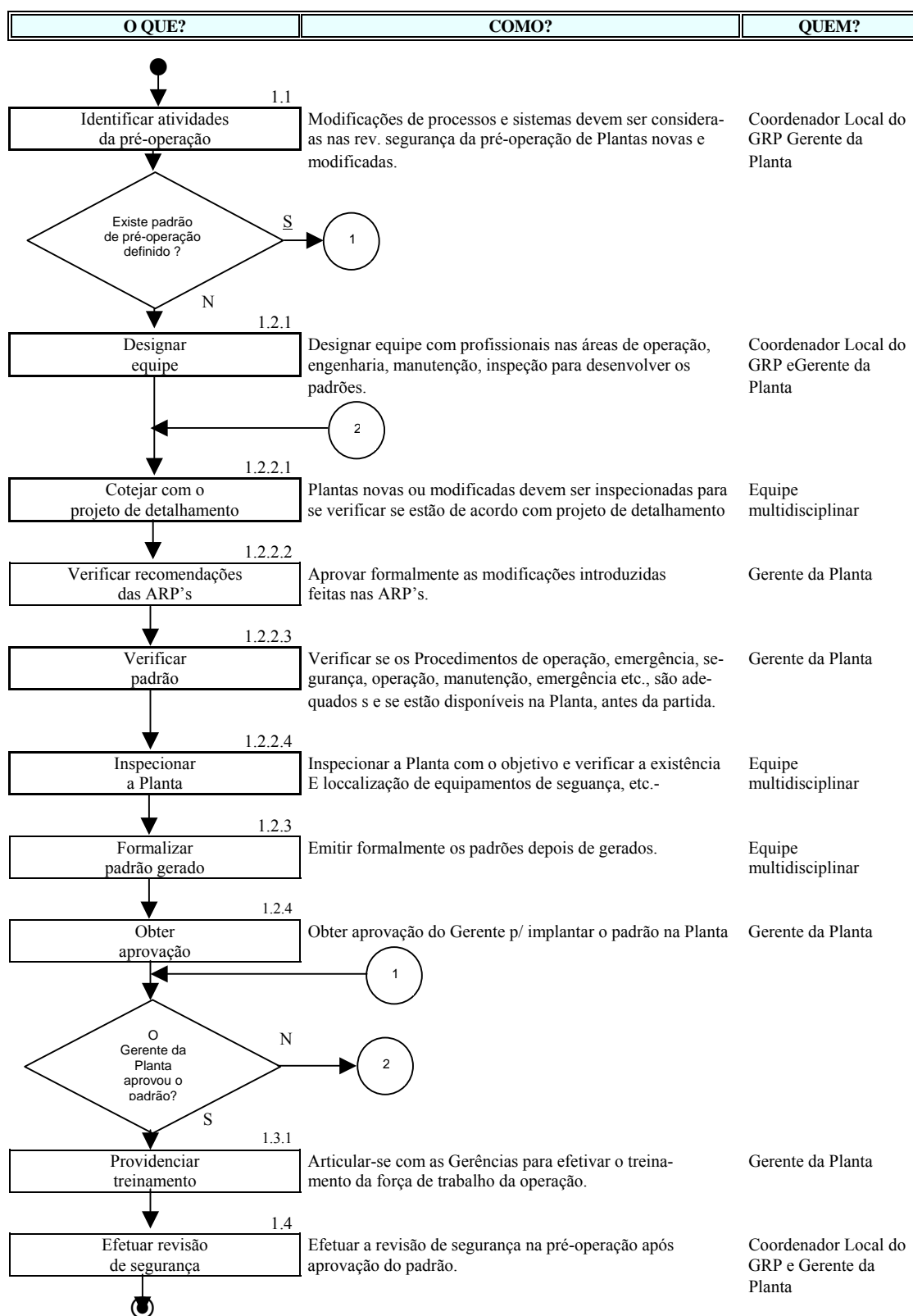
**Fluxograma 24** - Diagrama FAST do elemento de gestão Treinamento.
Fonte: Lebarbenchon, Simplício, Esteves, Holanda e Silva (1997) Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

O QUE?
COMO?
QUEM?
1.1.1
Identificar necessidades por tipo de treinamento e por cargo
Identificar necessidades por tipo de treinamento e por cargo.
Coordenador Local do GRP
Gerente da Planta
1.1.2
Identificar o perfil dos treinandos
Conhecer o nível da capacitação individual de cada empregado da força de trabalho.
Gerente da Planta
1.2.1
Elaborar critério de qualificação
Desenvolver e estabelecer critério para assegurar que cândidato tenha um mínimo de conhecimento e hábili- dades necessárias à função.
Coordenador Local do GRP
Gerente da Planta
1.2.2
Elaborar padrões para treinamento
Elaborar critério de qualificação para assegurar que o candidato tenha um mínimo de conhecimentos e habilidades de conhecimentos e
Gerente da Planta
1.2.3
Elaborar padrões para avaliação
Elaborar procedimentos para avaliação dos treinandos, de modo a garantir adequada retenção de conhecimentos e das habilidade
Coordenador Local do GRP
Gerente da Planta
1
1.2.4
Realizar Treinamento
Negociar calendário e articular com a Gerência de Recursos Humanos para realizar o treina-Mento.
Gerente da Planta
1.2.5
Obter comprometimento Gerencial
Liberar empregados conforme calendário negociado, promovendo a coberuta necessária para garantir a continuidade operacional da Planta.
Gerente da Planta
1.3.1
Definir Periodicidade
Realizar treinamento pelo menos a cada três anos, conforme API RP 750
Gerente da Planta
A força de trabalho da operação está qualificada?
N
1
S
1.4.2
Atualizar Modificações
Quando não houver necessidade de treinamento, pelo menos informar a força e trabalho da operação sobre as mudanças havidas nos procedimentos de operação, conforme item 1.4.
Gerente da Planta
1.5.1
Desenvolver critérios e procedimentos
Desenvolver critérios de procedimentos de qualificação para assegurarar que os instrutores sejam plenamente habilitados.
Coordenador Local do GRP
Gerente da Planta
2

**Flugrama 25** - Diagrama de Atividades do elemento de gestão Treinamento.
Fonte: Lebarbenchon, Simplício, Esteves, Holanda e Silva (1997). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

**Fluxograma 26** - Diagrama FAST do elemento de gestão Garantia da qualidade e integridade mecânica de equipamentos críticos
Fonte: Lebarbenchon, Simplício, Esteves, Holanda e Silva (1997). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

O QUE?
COMO?
QUEM?
1.1.1.1
Incorporar informações mínimas
O padrão deve incluir no mínimo o que é recomendado pela API RP 750, itens 8.2, 8.3 e 8.4.
Coordenador Local do GRP e Gerente da Planta
1.1.1.2.1
Definir Capítulos e assuntos
Com base no conteúdo mínimo das informação, organizar capí-tulos, informações, que comporão cada um dos procedimentos de qualidade,manutenção e método que de inspeção e teste. e teste.
Coordenador Local do GRP e Gerente da Planta
1.1.2.1
Compilar informações existentes na Planta
Procurar documentação existente na Planta, p. ex., fluxogramas de Engenharia, manuais, etc., entrevistando supervisores, opera-dores.
Gerente da Planta
A Planta de processo possui as informações?
S
1
N
1.1.2.2
Consultar Gerências da UN
Informações não localizadas na Planta devem ser solicitadas às Gerências das UN's, das áreas de Qualidade, SMS, Engenharia, etc.
Gerente da Planta
As Gerências da UN possuem as informações?
S
2
N
1.1.2.3
Desenvolver informações faltantes
Gerar informações que estão faltando com a força de trabalho da Manutenção e inspeção, para descrever com fidelidade as etapas.
Gerente da Planta
1.1.3.1.1
Aprovar padrão
Obter aprovação formal do Gerente d a Planta
Gerente da Planta
1.1.3.2
Definir arquivos
Identificar meio de arquivar os padrões, com autorização da Su-pervisão da Planta
Supervisor da operação
1.2.1
Providenciar treinamento
Articular com a Gerência de recursos humanos e definir um ca-lendário pra treinar a força de trabalho.
Gerente da Planta
1.3
Implantar padrões para qualidade, Manutenção, inspeção/teste
Implantar padrões na Planta depois de aprovados
Gerente da Planta
3

**Fluxograma 27** - Diagrama de Atividades do elemento de gestão Garantia da qualidade e integridade mecânica de quipamentos críticos.
Fonte: Lebarbenchon, Simplício, Esteves, Holanda e Silva (1997). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004). .

**Fluxograma 28** - Diagrama FAST do elemento de gestão Revisão de segurança na pré-operação. Fonte: Lebarbenchon, Simplício, Esteves, Holanda e Silva (1997). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

**Fluxograma 29** - Diagrama de Atividades do elemento de gestão Revisão de segurança na pré-operação. Fonte: Lebarbenchon, Simplício, Esteves, Holanda e Silva (1997). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

**Fluxograma 30** - Diagrama FAST do elemento de gestão Controle e resposta a emergência.
Fonte: Lebarbenchon, Simplício, Esteves, Holanda e Silva (1997). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

| O QUE? | COMO? | QUEM? |
|---|---|---|
| 1.1.1 Definir tipos de emergências | Definir o tipo de emergência conforme estabelecido no item 1.1.1, p.ex., segundo critério de escalonamento de complexidade. | Gerente da Planta |
| 1.1.2.1.1 Consultar Gerências da UN | Consultar Gerências da UN-Sede, caso haja dificuldade de localizá-las na Planta. | Coordenador Local do GRP<br>Gerente da Planta |
| 1.1.2.2 Elaborar modelo de padrão | Desenvolver modelo organizado em capítulos, itens, etc., do plano de controle e resposta a emergência, com base nos referenciais. | Gerente da Planta |
| 1.1.3.1 Compilar informações existentes na Planta | Procurar documentação existente na Planta, p. ex., fluxogramas de engenharia, manual de operação, entrevistando operadoperadores,etc. | Gerente da Planta |
| 1.1.4.1 Incorporar informações no modelo padrão | As informações devem ser incorporadas no modelo de padrão de contingência para controle e resposta a emergência. | Gerente da Planta |
| 1.1.4.2 Definir arquivos | Indicar meio de arquivar o padrão, com autorização da Supervisão. O plano é arquivado sob a guarda do Gerente da Planta. | Gerente da Planta |
| 1.1.5 Avaliar necessidade de implantar centro de controle e resposta | Gerências superiores avaliam necessidade implantar e equipar centro para auxiliar a Planta, levando em conta especificidades, importância. | Gerências superiores<br>Coordenador Local do GRP |
| 1.1.6 Estabelecer seqüência de notificação de emergência | Definir a seqüência mais adequada para notificar as emergências,compatível com requisitos legais municipais, etc., e referenciais | Gerências superiores<br>Gerente da Planta |
| 1.2.1.1 Providenciar treinamento | Articular com as Gerências que promovem treinamento das brigadas com os recursos necescessários. | Gerente da Planta |
| 1.3.1 Divulgar o plano | Utilizar reuniões mensais de segurança para divulgar o plano de contingência para controle e resposta a emergência. | Gerente da Planta |
| 1.3.2 Realizar exercícios simulados | Realizar simulados de emergência periódicos, avaliando a adequação dos mesmos com a realidade dos acontecimentos. | Gerente da Planta |
| 1.4 Atualizar informações | Revisar periodicamente as rotinas de controle e resposta a emergências, sempre que houver modificações na Planta. | Gerente da Planta |

**Fluxograma 31** - Diagrama de Atividades do elemento de gestão Controle e resposta a emergência.
Fonte: Lebarbenchon, Simplício, Esteves, Holanda e Silva (1997). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

**Fluxograma 32** - Diagrama FAST do elemento de gestão Investigação de acidentes relacionados com o processo.
Fonte: Lebarbenchon, Simplício, Esteves, Holanda e Silva (1997). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

O QUE?
COMO?
QUEM?
1.1
Nomear o coordenador e a comissão de investigação
A Gerência Geral nomeia um coordenador e a comissão para conduzir a investigação.
Gerente Geral
1.2.1
Buscar fatos, dados, evidências e informações
A comissão visita o local do acidente para colher as melhores evidências, provas materiais, dados einformações.
Gerente da Planta
1.2.2
Reconstituir o acidente da maneira mais fiel possível
A comissão de investigação simula no local as condições da forma mais fiel possível,os fatos e dados ocorridos.
Gerente da Planta
1.2.3
Identificar causas do acidente
A comissão lista as causas prováveis que redundaram no Acidente. Essa etapa é fundamental e afeta os resultados.
Coordenador da investigação
1.3.1
Elaborar relatório
A comissão deve compilar e organizar as informações, depoImentos, etc., compondo relatório completo da investigação.
Coordenador da investigação
1
1.3.2.1
Cotejar conformidade das modificações
Cotejar conformidades das modificações oriundas da investigação com normas, melhores práticas e padrões existentes
Coordenador da investigação
As medidas são conformes?
N
1
S
1.3.2.2
Utilizar critério “risco x custo x benefício”, etc.
Hierarquizar modificações através de critérios definidos na metodologia.
Coordenador Local do GRP
Gerente da Planta
1.3.2.3
Emitir recomendações
O coordenador da comissão edita as modificações recomendadas pela investigação do acidente depois de avaliadas.
Coordenador da investigação
1.3.2.4
Acompanhar implementação das modificações
Acompanhar sua efetiva implementação, definindo responsáveis,prazos e alocações de recursos.
Gerente da Planta
Supervisão da operação
1.3.3.1
Arquivar resultados
Arquivar os resultados da apuração na Planta, para que sejam usados futuramente em novas ARP’s.
Supervisão da operação
1.4.1
Realizar auditoria periódicas
O Gerente do ATP define também freqüência e prazos para a verificação da efetividade do andamento das ações.
Gerente do ATP
Gerente da Planta
Supervisão da operação
As medidas estão sendo implantadas?
S
2
N
3

**Fluxograma 33** - Diagrama de Atividades do elemento de gestão Investigação de acidentes relacionados com o processo.
Fonte: Lebarbenchon, Simplício, Esteves, Holanda e Silva (1997). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

**Fluxograma 34** - Diagrama FAST do elemento de gestão Auditoria do sistema de GRP.
Fonte: Lebarbenchon, Esteves, Holanda e Silva (1997). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

O QUE?
COMO?
QUEM?
1.1.1
Programar Auditoria
Informar a Planta a ser auditada e estabelecer a logística, como, p. ex., recepção dos auditores, providenciar documentação, etc.
Gerente Geral ou Gerente Superior
1.2
Designar equipe de auditores
O Gerente Geral ou um Gerente Funcional designa equipe de auditores com técnicos de diversas áreas e um auditor líder
Gerente Geral ou Gerente Superior
1.3.1
Consultar documentos
Os auditores devem buscar evidências para comprovar que o GRP esteja sendo implantado em seus onze elementos
Equipe de Auditores
1.3.2
Observar comportamentos
Os auditores devem observar através de entrevistas se a prática operacional reflete, de fato, os documentos mostrados
Equipe de Auditores
1.4.1
Emitir Relatório
Divulgar os resultados encontrados espelhando a real situação da Planta no que tange aos elementos de gestão.
Equipe de Auditores
1
1.4.2.1
Cotejar conformidades
Cotejar conformidades das recomendações oriundas da Auditoria com normas, melhores práticas e padrões existentes na Empresa.
Equipe de Auditores
Medidas são conformes?
N
1
S
1.4.2.2
Emitir recomendações
Os auditores editam as recomendações originadas na auditoria depois e avaliadas quanto à sua pertinência e as emite em relatório final
Equipe de Auditores
1.4.3.1
Arquivar resultados
Arquivar os resultados da auditoria do GRP na Planta até a auditoria seguinte. O Supervisor é responsável pelo
Gerente da Planta Supervisor da operação
1.5.1
Realizar auditorias periódicas
O Gerente do ATP define responsáveis, freqüências e prazos para verificação da efetividade do andamento das ações.
Gerente do ATP Gerente da Planta Coordenador Local do GRP
Ações estão sendo implantadas?
S
2
N
3

**Figura 35** - Diagrama de Atividades do elemento de gestão Auditoria do sistema de GRP.
Fonte: Lebarbenchon, Simplício, Esteves, Holanda e Silva (1997). Adaptação: Alan Da Silva Esteves (2004).

# ANEXO B - MODELOS DE QUESTIONÁRIOS POR ELEMENTO DE GESTÃO DE GRP - QUADROS 36 A 46

| INFORMAÇÕES SOBRE SEGURANÇA DE PROCESSO |
|---|
| • Existe atualmente na Planta algum método estruturado para coleta, atualização e compilação de informações sobre os projetos de processamento e mecânico?<br>• A Planta possui plantas de situação e geral de locação, *layouts*, diagramas de blocos, fluxogramas de processo, balanços de material e de energia, fluxogramas de engenharia, memoriais descritivos das malhas de inter-travamento e parada devidamente atualizados?<br>• A Planta possui plantas de classificação de áreas, Catálogos Mecânicos, Especificações Técnicas e desenhos certificados de equipamentos mecânicos (estáticos e rotativos), bases de projeto de sistemas de alívio e despressurização, listas de linhas e especificação de tubulação (*pipe spec*) devidamente atualizados?<br>• Fornecer lista dos parâmetros operacionais considerados críticos (pressão, vazão, temperatura, nível, etc.), cujos desvios possam redundar em vazamentos de produtos perigosos;<br>• Fornecer lista dos inter-travamentos, chaves, indicadores e alarmes associados aos parâmetro operacionais críticos;<br>• A Planta possui um método estruturado para coleta e organização das informações sobre os perigos (toxicidade, limites, propriedades físico-químicas, termodinâmicas, etc.) dos produtos e materiais processados e manuseados?<br>• A Planta possui FISPQ (Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos) com propriedades físico-químicas e de toxidade de todos os produtos processados e manuseados? Quais são recomendações das FISPQ's?<br>• Se a Planta não dispõe dessas informações, é verificado se elas existem em outras Gerências da UN-Sede?<br>• Se as Gerências da UN-Sede não as possui, a Planta gera essas informações em trabalho de equipe?<br>• A Planta registra, controla e arquiva as versões mais atualizadas? |

**Quadro 36** - Modelo de questionário do elemento de gestão Informações sobre segurança de processo.

| ANÁLISE DE RISCOS DE PROCESSO (ARP) |
|---|
| • Nos últimos 3 anos a Planta realizou alguma Análise de Riscos de Processo -ARP?<br>• A Planta possui pessoal treinado nas técnicas de Análise Preliminar de Riscos ou HAZOP?<br>• A Planta tem um processo institucional para realizar ARP's? Com que freqüência elas são realizadas? São periódicas?<br>• Quais são os critérios de priorização das instalações para realização dessas análises periódicas?<br>• Quais são as metodologias e as técnicas de ARP que são utilizadas?<br>• Existe algum critério para hierarquizar os riscos, em críticos, moderados e não críticos, por exemplo?<br>• As medidas mitigadoras recomendadas nas ARP's são verificadas quanto à sua conformidade?<br>• É utilizado algum tipo de critério para hierarquizar as medidas mitigadoras quanto à sua implementação?<br>• É feito o acompanhamento da implementação das recomendações oriundas dessas ARP's?<br>• As Gerências são informadas quando as medidas mitigadoras não são implementadas, ou quando o prazo dado para sua implementação é ultrapassado? |

**Quadro 37** - Modelo de questionário do elemento de gestão Análise de riscos de processo (ARP).

| GERENCIAMENTO DE MODIFICAÇÕES |
|---|
| • Existe alguma metodologia para identificar modificações?<br>• Descrever o conteúdo e informar se existe processo formal para gestão de modificações.<br>• A Planta considera modificações por inovações tecnológicas? Como as trata?<br>• A Planta considera modificações por necessidades mecânicas? Como as trata?<br>• A Planta contempla mudanças na força de trabalho? Como as trata?<br>• A Planta desenvolve ou solicita que seja desenvolvida documentação formal de projeto dessas modificações? Como é o processo de aprovação, que as autoriza e quem as analisa quanto aos impactos?<br>• Como a Planta estabelece o tempo requerido para realização da mudança?<br>• A Planta obedece ao projeto feito para a mudança? Como essa obediência é verificada?<br>• A Planta revisa os procedimentos de operação existentes e treina a força de trabalho envolvida na mudança?<br>• Como é o processo de divulgação dos procedimentos então revisados?<br>• A Planta contempla em sua política de manutenção e de gestão de mudanças procedimentos para realizar avaliações globais de segurança nas modificações usando ARP's, tanto nas instalações como a montante e a jusante da mesma?<br>• Existe algum critério que faça a distinção entre o que é mudança de manutenção normal e aquela que é feita em função de alteração de grande porte?<br>• Existe algum critério que detecte que uma mudança de pequeno porte é realizada como se fosse manutenção normal?<br>• Fornecer lista das mudanças consideradas de grande porte, oriundas de evolução na tecnologia do processo e por modificações mecânicas;<br>• Quando é feita uma modificação na tecnologia do processo ou no projeto mecânico da Planta, existe algum procedimento formal que contemple os seguintes fatores?<br>◇ Bases de projeto das mudanças propostas;<br>◇ Documentação técnica formal antes de implementar a modificação;<br>◇ Autorizações gerenciais necessárias, inclusive obtenção de licenças junto às autoridades competentes;<br>◇ Duração para realizar a modificação;<br>◇ Análise dos impactos causados pela mudança, do ponto de vista de SMS;<br>◇ Alterações subseqüentes e necessárias nos procedimentos de operação para se adequarem às mudanças;<br>◇ Comunicação à força de trabalho da mudança proposta e de suas conseqüências;<br>• Fornecer lista das mudanças consideradas de grande porte, oriundas de evolução na tecnologia do processo e por modificações mecânicas; |

**Quadro 38** - Modelo de questionário do elemento de gestão Gerenciamento de modificações.

| PROCEDIMENTOS DE OPERAÇÃO |
|---|
| • A Planta possui procedimentos de operação formais?<br><br>• A Planta verifica junto às Gerências da UN-Sede quanto à existência desses procedimentos?<br><br>• No caso de não existirem, a própria Planta desenvolve tais procedimentos? Quem os aprova?<br><br>• Descrever, resumidamente, qual o conteúdo e a abrangência do manual de operação com respeito aos procedimentos de operação, focando em aspectos como, p. ex., malhas de controles, segurança de processo, aplicabilidade, limites de operação para os parâmetros de processo, etc.;<br><br>• Os procedimentos de operação explicitam: cargo e nível de responsabilidade da força de trabalho em cada área de atuação, instruções de operação claras, condições de operação para partida normal, operação temporária, emergência, parada, etc., limites dos parâmetros de processo, conseqüências dos desvios desses parâmetros e ações de correção, aspectos de saúde ocupacional no que respeita a riscos ocupacionais, medidas de exposição e controle?<br><br>• Quais são os critérios para revisar os procedimentos?<br><br>• Informar se os procedimentos de operação contêm as seguintes informações:<br>◇ Organograma identificando a posição e as responsabilidades das pessoas de cada área;<br>◇ Instruções claras sobre a operação da instalação com segurança;<br>◇ Condições operacionais e passos para as seguintes fases de operação:<br>- Partida inicial;<br>- Operação normal;<br>- Operações temporárias;<br>- Operações de emergência, incluindo parada e os cargos da força de trabalho que as iniciará;<br>- Parada normal.<br>◇ Os limites dos parâmetros de processo, envolvendo, p. ex.:<br>- Conseqüência e um desvio operacional;<br>- Ações de correção para parar ou evitar desvios operacionais;<br>- Sistemas de controle e dispositivos de segurança e suas funções<br>- Aspectos de saúde ocupacional: propriedades e riscos de todos os produtos utilizados no processo, ações necessárias pra se prevenir exposições a riscos físicos, químicos, etc. e o uso EPI's, controles, etc.; medidas de controle na ocorrência de exposição, contato físico ou inalação de produtos perigosos |

**Quadro 39** - Modelo de questionário do elemento de gestão Procedimentos de operação.

| PRÁTICAS DE TRABALHO SEGURO |
| --- |
| • Existe alguma metodologia/procedimento formal para gerenciar Práticas de trabalho seguro? Indicar quais e apresentar evidências;<br>• Informar quais as Práticas de trabalho seguro atualmente em vigor, descrevendo suas abrangências;<br>• A Planta elabora, implanta e atualiza as Práticas de trabalho seguro?<br>• Na elaboração das Práticas, como é feita a identificação de tarefas e atividades e de que forma as informações são coletadas e organizadas?<br>• A Planta possui modelos/formulários de Permissão para Trabalho (PT) ou permissões de serviço? Quantos e de que tipo? Apresentar os modelos;<br>• A força de trabalho é treinada?<br>• Existe algum tipo de procedimento para manuseio de produtos e materiais perigosos, bem como para atividades/tarefas que envolvam algum tipo de risco ocupacional? Indicar quais e apresentar evidências;<br>• Listar e indicar consumos e estoques de insumos básicos (p. ex., produtos químicos para usos diversificados, catalisadores, aditivos) que fazem parte do processamento;<br>• Providenciar cópia dos procedimentos de manuseio destes produtos; |

**Quadro 40 -** Modelo de questionário do elemento de gestão Práticas de trabalho seguro.

| TREINAMENTO |
| --- |
| • Informar se existe uma política de treinamento e qualificação da força de trabalho da operação;<br>• Existe compromisso visível da liderança ao designar a força de trabalho com a efetiva utilização dos conhecimentos e habilidades adquiridas?<br>• Como é avaliada a efetividade do treinamento? Existe procedimento formal para essa avaliação?<br>• A liderança é informada dos resultados obtidos pela força de trabalho treinada?<br>• Essa política contempla treinamento inicial e de reciclagem?<br>• Os treinamentos ministrados têm seus conteúdos programáticos compatíveis com as necessidades e responsabilidades da força de trabalho?<br>• Qual o conteúdo programático dos cursos ministrados?<br>• Os procedimentos formais levam em conta fatores como, p. ex., equilíbrio entre o treinamento em "sala de aula" e "em serviço", atualização dos fluxogramas de engenharia utilizados no treinamento de reciclagem?<br>• Qual o período praticado para ser reciclada a força de trabalho?<br>• Aos instrutores é requerida alguma qualificação/titulação mínima?<br>• Os instrutores são também re-treinados? Com que periodicidade?<br>• Este programa inclui o treinamento requerido por mudanças introduzidas na instalação operacional? Ele é feito antes ou depois de ocorrida a mudança? |

**Quadro 41 -** Modelo de questionário do elemento de gestão Treinamento.

| GARANTIA DA QUALIDADE E INTEGRIDADE MECÃNICA DE EQUIPAMENTOS CRÍTICOS |
|---|
| • A Planta possui um programa de garantia da qualidade e integridade mecânica de equipamentos críticos, desde seu projeto?<br><br>• Existe na Planta algum procedimento formal para controlar a qualidade dos materiais utilizados nos equipamentos críticos objeto do programa, e verificar se foram utilizados de acordo com as especificações do projeto?<br><br>• Esse programa contempla a elaboração de procedimentos para garantia da qualidade, manutenção, inspeção e teste?<br><br>• Providenciar resumidamente o programa, indicando quais os parâmetros de qualidade utilizados;<br><br>• Existe algum padrão formal que assegure a qualidade e integridade mecânica dos equipamentos críticos, p. ex., compressores, grandes máquinas, impulsionadores de fluidos, vasos de pressão, colunas de processamento, trocadores de calor, controladores lógicos programáveis, existentes na Planta?<br><br>• Qual a metodologia adotada para inspeção e teste de equipamentos?<br><br>• Indicar a freqüência, tipo de inspeção/teste, critérios de aceitabilidade para equipamentos considerados críticos como, p. ex., vasos de pressão, tanques de armazenamento, tubulações críticas, tubulações enterradas e tubos de trocadores de calor, sistemas de alívio e despressurização, dispositivos de proteção, sistemas de emergência e parada de emergência, inter-travamentos e malhas de controles críticos, válvulas de segurança, corta-chamas, *vents* e drenos, discos de ruptura, aterramento e proteção catódica, detectores de chama, alarmes e dispositivos de monitoramento;<br><br>• Existe implantado na Planta algum procedimento baseado em Manutenção Centrada em Confiabilidade e Inspeção Baseada em Riscos?<br><br>• A força de trabalho da manutenção e inspeção é treinada regularmente?<br><br>• Com que freqüência é feito esse treinamento? |

**Quadro 42** - Modelo de questionário do elemento de gestão Garantia da qualidade e integridade mecânica de equipamentos críticos.

| REVISÃO DE SEGURANÇA NA PRÉ-OPERAÇÃO |
|---|
| • Existe na Planta procedimento formal para revisão de segurança na pré-operação;<br><br>• A Planta identifica atividades da pré-operação, elabora procedimentos, treina força de trabalho e executa revisões de segurança?<br><br>• Como a Planta trata a revisão de segurança na pré-operação nas instalações novas e nas que serão modificadas?<br><br>• A Planta leva em conta as especificações do projeto recomendações das ARP's quando elabora procedimentos de revisão de segurança na pré-operação?<br><br>• A Planta possui procedimento formal de revisão de segurança na pré-operação para a retomada após a parada e quando há eventuais ajustes e modificações durante a parada?<br><br>• Ele inclui a verificação se os aspectos segurança da operação normal, manutenção e de operação em situações de emergência são também observados?<br><br>• Existe treinamento/reciclagem para a força de trabalho da operação?<br><br>• Esse treinamento contempla as situações de retomada após a parada e quando há ajustes e modificações durante a parada? |

**Quadro 43** - Modelo de questionário do elemento de gestão Revisão de segurança na pré-operação.

| CONTROLE E RESPOSTA A EMERGÊNCIA |
|---|
| • A Planta tem implantado um plano de controle e resposta a emergência? Está atualizado?<br>• Qual os referenciais usados pela Planta para elaborar o plano?<br>• Qual é a estrutura e o conteúdo mínimos do plano e de que forma ele é acionado e colocado em ação?<br>• No acionamento do plano, as complexidades das emergências são levadas em conta pela instalação operacional?<br>• Como estão dimensionados os recursos humanos e materiais para o atendimento de emergências?<br>• As rotinas atuais incluem notificações e comunicações em situações de emergência? Como ela se processa junto ao público externo?<br>• A Planta dispõe de uma central de controle de emergência?<br>• A Planta realiza exercícios e treinamentos e simulados de emergência?<br>• A Planta possui sistema de combate a incêndio e brigadas;<br>• Com que freqüência a brigada de incêndio é treinada? |

**Quadro 44** - Modelo de questionário do elemento de gestão Controle e resposta a emergência.

| INVESTIGAÇÃO DE ACIDENTES RELACIONADOS COM O PROCESSO |
|---|
| • A Planta tem implantado atualmente procedimentos para apurar acidentes, comunicá-los, desencadear ações tempestivas, elaborar relatórios de apuração e internalizar os resultados na estrutura?<br>• Existe um procedimento para a pronta apuração/divulgação de acidentes resultantes de vazamentos catastróficos com produtos perigosos?<br>• A Planta forma uma comissão de investigação, com conhecimento adequado e necessário, para investigar causas e as conseqüências do acidente?<br>• As recomendações feitas pela comissão de apuração são analisadas, são confrontadas quanto às suas conformidades e é usado algum critério para cotejar custo x benefício, ou outro similar, quando de suas implementações?<br>• Identificadas as causas, são tomadas providências no sentido de se evitar que esse tipo de acidente aconteça novamente?<br>• O resultado da averiguação e as intervenções, mudanças recomendadas pela comissão de apuração e as lições aprendidas são difundidas em outras Plantas da Empresa? |

**Quadro 45** - Modelo de questionário do elemento de gestão Investigação de acidentes relacionados com o processo.

| AUDITORIA DO SISTEMA DE GRP |
| --- |
| • Informar se existe um procedimento formal implantado para realizar auditorias do GRP;<br>• Esse procedimento, caso exista, permite fazer a seleção da Planta, designar auditores, programar e realizar auditorias, e emitir os resultados encontrados?<br>• Fazer um breve relato de como são realizadas as auditorias na Planta;<br>• As recomendações feitas pelos auditores são confrontadas quanto à sua conformidade?<br>• Existe algum procedimento formal que garanta que as recomendações decorrentes da auditoria sejam de fato implementadas?<br>• As gerências da Planta e da Empresa são informadas do desfecho da auditoria?<br>• A Planta guarda o relatório da autoria até a auditoria seguinte?<br>• Com que freqüência as auditorias são realizadas na Planta? |

**Quadro 46** - Modelo de questionário do elemento de gestão Auditoria do sistema de GRP

## ANEXO C - RELAÇÃO DOS PRINCIPAIS *SITES* CONSULTADOS

- American Institute of Chemical Engineers - AIChE; New York, USA; <http://www.aiche.org>
- American Petroleum Institute - API; Washington, D. C., USA; <http://www.api.org>
- Arthur D. Little, Inc., Cambridge, Massachesetts, USA; <http://www.adlittle.com>
- E&P Forum, London, England; <http:/www.ogp.org.uk>
- Environmental Protection Agency - EPA, Washington D. C.; <http://www.epa.gov>
- Health and Safety Executive - HSE, London, England;<http:// www.hse.org.uk>
- IHS GLOBAL <http://www.ihs-global.org>
- Imperial Chemical Industries - ICI, England,<http://www.ici.org.uk>
- International Organization for Standardizarion-American National Standards for Industry (ISO-ANSI), <http://www.iso-ansi.gov>
- Norwegian Petroleum Directorate - NPD; Trondheim, Norway; <http://www.npd.no>
- OSHA, U. S. Department of Labor; Washington, D. C., USA; <http://www.osha.gov>
- Oil Industry Safety Directorate (OISD): <http://www.New Page 1> e <http://www.oisd.org/petrosafe-April2002/safe management1.htm>,
- Project Management Institute, Newton Square, Pennsylvania, USA; <http://www.pmi.org>
- Safety and Reliability Directorate - SRD and United Kingdom Atomic Authority; Warrington, England; <http://www.srd.org.uk>
- Shell Development Company; Houston, Texas, USA; <http://www.shell.org>
- TNO - The Netherlands Organization of Applied Scientific Research; Apeldoorn, The Netherlands; <http://www.tno.nl>
- UNEP Industry and Environmental, Paris, France; <http://www.unep.org>

# ANEXO D - PESQUISAS EFETUADAS NOS *SITES* DO API, OSHA, ISO-ANSI, OISD E OUTROS, EM 26/07/2003 E 15/12/2003

## D.1. API

*API Documents:*

- <http://www.api.gov/>

## D.2. OSHA

- Safety and Health Topics: Process Safety Management (PSM),

- RP 750. Management of Process Hazards, First Edition (1990, January). Reaffirmed (1995, May). (ANSI/API RP 521-1992). www.osha.gov/SLTC/processsafetymanagement

## D.3. ISO-ANSI

- <http://www.global.ihs.com/doc_detail.cfm?currency_code=USD&customer_id=212546514F0A&shopping_cart_id=27242837284B20384A5B5020290A&rid=API&input_doc_number=750&country_code=US&lang_code=ENGL&item_s_key=00113524&item_key_date=091131&input_doc_number=750&input_d>

## D.4. *Site*

- <http://www.bakerrisk.com/SeniorResumesAll.htm>

## D.5. *Site*

- <http://www.ConneXsys Engineering - Process Safety Management www.connexsysinc.com/project/psm.htm>

## D.6. *Site*

- <http://Custom Process Models>

## D.7. *Site* OISD

- <http://www.New Page 1>;

- <http://www.oisd.org/petrosafe-April2002/safe management1.htm>, Diretoria de Segurança da Indústria de Petróleo da India (*Oil Industry Safety Directorate - OISD*);

- <http://www.d1.rtknet.org/rmp/>.

# ANEXO E - EVIDÊNCIAS DA VIGÊNCIA DA API RP 750

## E.1 - *Site do API* <htttp://www.api.gov/msn/> em 29/10/2003 e 30/10/2003

### E.1.1 - . Registro R1

44. <http://www.Safety and Health Topics: Process Safety Management (PSM)>

"…API RP 750. Management of Process Hazards, First Edition (1990, January). Reaffirmed (1995, May). (ANSI/API RP 521-1992). <http://www.osha.gov/SLTC/processs> safety management.

Other:

- API Documents

◇ (ANSI/API RP 574-1992). Inspection of Pressure Relieving Devices, First Edition (1992, September).

◇ (ANSI/API RP 520-1-1992). Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries Part I, "Sizing and Selection," Sixth Edition (1993, March).

◇ (ANSI/API Std 2015-1994). Safe Entry and Cleaning of Petroleum Storage Tanks, Planning and Managing Tank Entry from Decommissioning Through Recommissioning, Fifth Edition (1994, May).

◇ (ANSI/API Std 500-1992). Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities, First Edition (1991, June 1).

◇ (ANSI/API Std 510-1992). Pressure Vessel Inspection Code: Maintenance Inspection, Rating, Repair, and Alteration, Seventh Edition (1992, March). Includes Supplement 1 (1993, September), and Supplement 2 (1994, December).

◇ Std 598. Valve Inspection and Testing, Seventh Edition (1996, November).

◇ Publ 2009. Safe Welding and Cutting Practices in Refineries, Gasoline Plants, and Petrochemical Plants, Sixth Edition (1995, September).

◇ RP 752. Management of Hazards Associated With Location of Process Plant Buildings, CMA Manager's Guide, First Edition (1995, May).

◇ RP 2003. Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents, Fifth Edition (1991, December).

◇ (ANSI/API RP 574-1992). Inspection of Piping, Tubing, Valves, and Fittings, First Edition (1990, June).

◇ API - Reference Manual Repairs and Alterations to Boilers and Pressure Vessels

◇ RP 55. Conducting Oil and Gas Producing and Gas Processing Plant Operations Involving Hydrogen Sulfide, Second Edition (1995, February 15).

◇ Std 653. Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction, Second Edition (1995, December). Includes Addendum 1 (1996, December).

◇ (ANSI/API Std 2510-1996). Design and Construction of Liquefied Petroleum Gas Installations (LPG), Seventh Edition (1995, May).

◇ RP 2220. Improving Owner and Contractor Safety Performance, First Edition (1991, September).

◇ RP 750. Management of Process Hazards, First Edition (1990, January). Reaffirmed (1995, May).

◇ (ANSI/API RP 521-1992). Guide for Pressure-Relieving and Depressuring Systems, Third Edition (1990, November).

◇ (ANSI/API Publ 945-1992). Avoiding Environmental Cracking in Amine Units, First Edition (1990, August).

◇ (ANSI/API Publ 920- 1992). Prevention of Brittle Fracture of Pressure Vessels, First Edition (1990, March)…"

**E.1.2. Registro R2**

47. <http://www.BakerRisk - Senior Staff Resumes>

"... He served on the API Task Force that developed API RP 750, Management of Process Hazards. <http://www.bakerrisk.com/SeniorResumesAll.htm>…"

**E.1.3 - Registro R3**

52. <http://www.ConneXsys Engineering - Process Safety Management>

"…ConneXsys Engineering can fully support OSHA 29 1910.119 compliance and API RP-750 requirements for Process Safety Management (PSM). This work includes the following: PSM Compliance Planning Preparation of Process Safety Information <http://www.connexsysinc.com/project/psm.htm>…"

**E.1.4 - Registro R4**

54. <http://www.Custom Process Models>

"…CUSTOM PROCESS MODELS The CPM Series are Custom Process Models. These models are designed to address the needs of specific training and engineering requirements.management's philosophy, or regulations like OSHA 1910.119, API RP-750, CMA-Process Safety Codes, Clean Air Act, and ISO <hhttp://www.simtronics.com/catalog/products/cpm.htm>…"

**E.1.5 - Registro R5**

67. <hhttp://www.System Safety Guidelines [PDF/Adobe Acrobat]>

"…Among Others:

"…API RP 750 Section 5, American Petroleum Institute <http://www.jacobssverdrup.com/safety/guidelines.pdf>…"

**E.1.6 - Registro R6**

68. <http://www.New Page 1>

"…EPA Risk Management Programme. API RP 750: Management of Process Hazards <http://www.oisd.org/petrosafe-April2002/safe_managment1.htm>…"

**E.1.7 - Registro R7**

70. <http://www.SAFETY CONSULTANT>

"... OSHA (1910.119), Clean Air Act (40 CFR 68), API (RP 750), CMA (PSM Code); work practices and performance prediction; <http://www.cecon.com/res/safety016.html>…"

**E.1.8 - Registro R8**

71. <http://www.Process Press - Deja Vous Investigations>

"... initiatives in industry (CCPS Guidelines, CMA Responsible Care, API RP 750, and others) and as part of the Quality <http://www.dnvprocess.com/process/Newsletter/3-2000DejaVous.htm>…"

**E.1.9 - Registro R9**

72. <http://www.M[PDF/Adobe Acrobat]>

"... of API RP 750. The final report was issued in ... archives1.iomosaic.com/quals/LNG.pdf…"

**E.1.10 - Registro R10**

73. <http://www.SERVIC LTDA>

“... Normativas internacionales como API RP 750 del Instituto Americano del Petróleo (American Petroleum Institute) y PSM <http://www.servic.cl/news/centro18.html>...”

### E.1.11 - Registro R11

74. <http://www.S [PDF/Adobe Acrobat]>

“... requirements of ISO 9000, API RP-750, and in particular OSHA 1910.119. <http://www.processoperator.com/literature/pdf/SimtronicsFlyerFeb2002.pdf>…”

### E.1.12 - Registro R12

110. <http://www.Inspection Program>

“... name is currently under development from API (RP 580). Currently, there are existing standards which ... for maintenance and inspection programs, specifically in API 750 and API 570.www.aptecheng.com/html/inspection_program.html…”

## E.2 - *Site* da OSHA <http://www.osha.gov> em 29/10/2003 e 30/10/2003

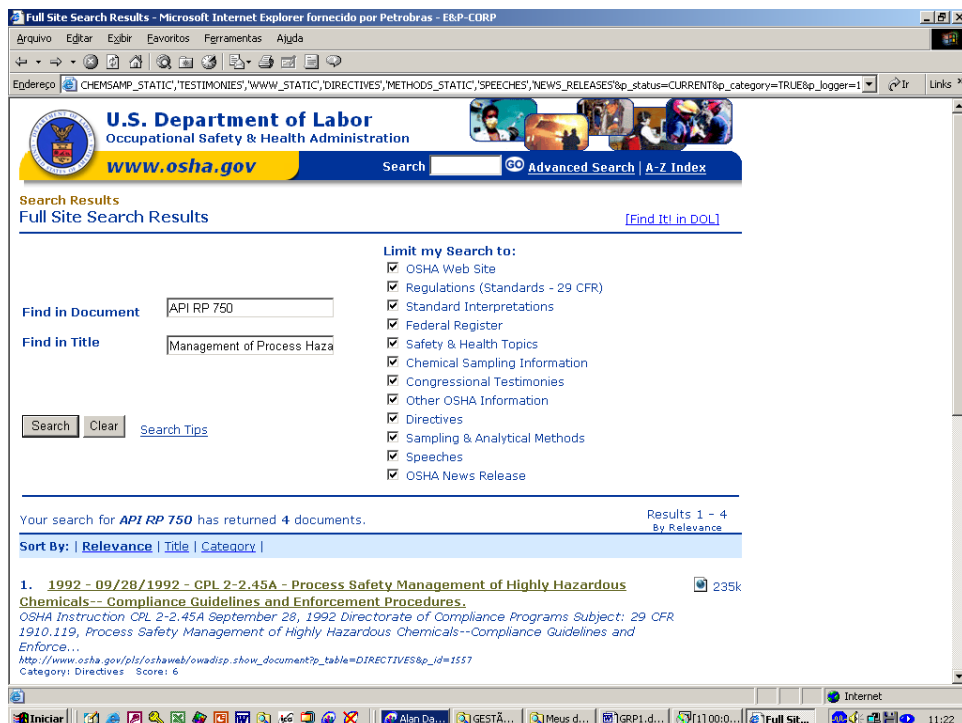



**Figura 11** - *Site* da OSHA, evidenciando a existência de 4 registros (*Your search for API RP 750 has returned 4 documents*) relacionados com a API RP 750.

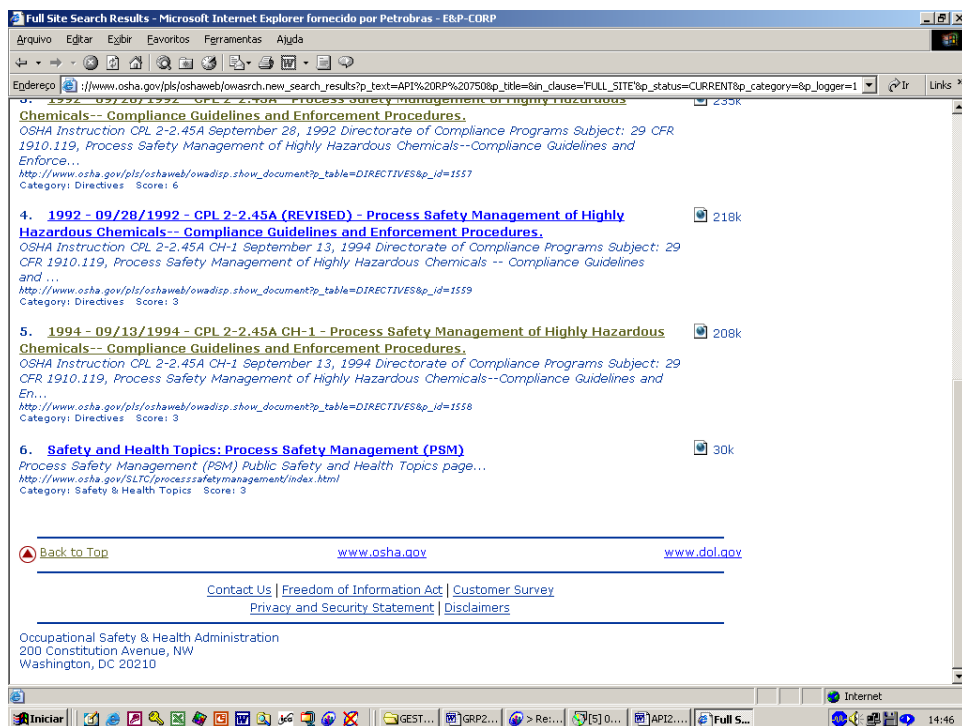



**Figura 12** - *Site* da OSHA descrevendo detalhadamente os registros referentes a API RP 750.

## E.3 - *Site* da IHS GLOBAL <http://www.ihs-global.org> em 29/10/2003 e 30/10/2003

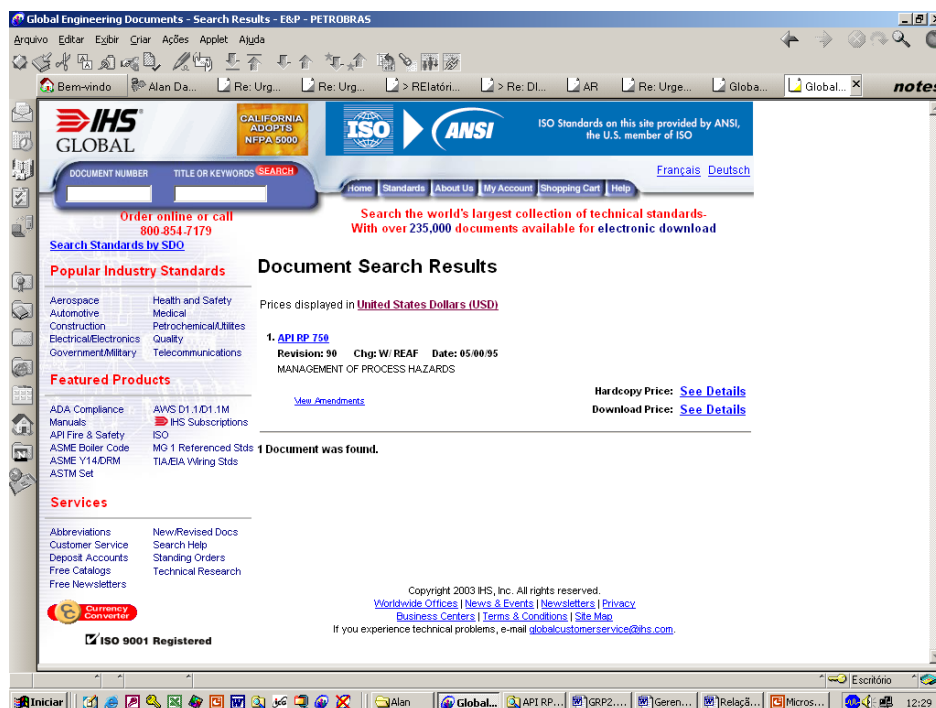



**Figura 13** - *Site* da IHS GLOBAL, indicando a reafirmação (“W/REAF”) da revisão feita na API RP 750 em maio de 1995.

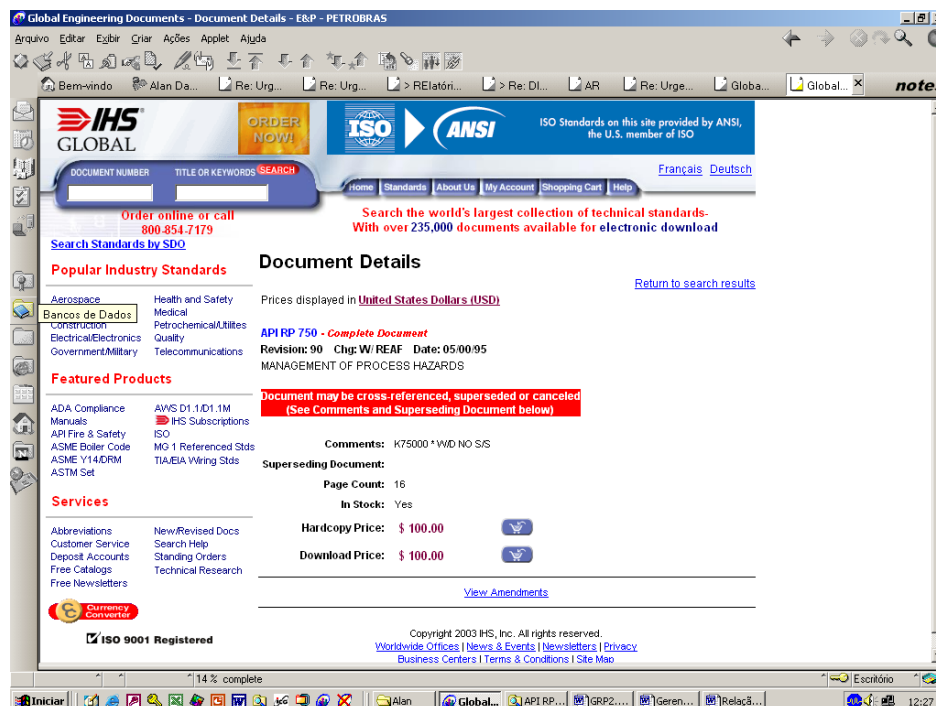



**Figura 14** - *Site* da IHS GLOBAL, indicando nos comentários (*Comments*) as siglas “K75000*W/D NO S/S”, em que a terminação “W/D NO S/S”corresponde a “sem documento substituto” (*with document no superseded*)[100]

---

[100] Logo após, o *site* confirma também que não há documento substituto, quando deixa em branco o campo *Superseding Document*, e que também é indicada a quantidade de páginas da norma - 16 (*Page Count*: 16), que ela existe em estoque (*In Stock*: *Yes* ), o preço da cópia em papel - US$ 100.00 (*Hardcopy Price*: $100.00) e o preço da cópia obtida por intermédio de acesso ao *site* - US$ 100.00 (*Download Price*: $ 100.00).

## ANEXO F - *SITES* CORRELATOS PARA PESQUISA SOBRE O TEMA

Disponível em: <http://www.misch.up.edu.na/NMISHR PDF Files/Useful Links .pdf>.
Acesso em 26 jun. 2004[101].

### F.1 – *Links* úteis

Deve ser esclarecido que o autor deste trabalho e desta lista não foi endossado por nenhuma entidade. Os *links* são fornecidos somente para prover informação adicional sobre o tema e meramente informativa.

### F.2 – Sistemas de Gestão de Segurança (*Safety Management Systems*)

- http://www.workcover.vic.gov.au/vwa/home.nsf/pages/so_majhaz_guidance/$File/GN12.pdf
- NSW Department of Urban Affairs and Planning, 1995. Guidelines for Preparation of Safety Management Systems, Hazardous Industries Planning Advisory Paper No.9. ISBN 0 7310 3062 6. This useful resource is only available as a hardcopy. The publication can be purchased online (http://www.planning.nsw.gov.au) or alternatively contact the Department.
- American Petroleum Institute, 1998. Model Environmental, Health and Safety (EHS) Management System, API 9100A. This useful resource is only available as a hardcopy. The publication can be purchased online
- (http://www.global.ihs.com/search_res.cfm?currency_code=USD&customer_id=21254D4D5BOA&shopping_cart_id=2724482F2F4A40304F5B4020250A&rid-AP&country_code=US&lang_code=ENGL&input_doc_number=API%209100A&org_code=API)
- American Petroleum Institute, 1998. Guidance Document for Model EHS System, API 9100B. This useful resource is only available as a hardcopy. The publication can be purchased online
- (http://www.global.ihs.com/search_res.cfm?currency_code=USD&customer_id=21254D4D5EOA&shopping_cart_id=2724482F2F4A40304F5B4020250A&rid=API&country_code=US&lang_code=ENGL&input_doc_number=API%209100B&org_code=API).

### F.3 – Sistema de segurança (*System Safety*)

- http://www.dfrc.nasa.gov/Business/DMS/PDF/DHB-S-001.pdf

### F.4 – Avaliação de riscos (*Risk Assessment*)

- http://www.mishc.uq.edu.au/publications/Risk_Analysis_Methods_a_Brief_Review.pdf
- NSW Department of Urban Affairs and Planning, 1992. Guidelines for Hazard Analysis, Hazardous Industries Planning Advisory Paper No. 6. ISBN 0 7305 71254. This useful resource is only available as a hardcopy. The publication can be purchased online (http://www.planning.nsw.gov.au/) oralternatively contact the Department to order the publication)

---

[101] Cortesia: Nildemar Correa Ruella, da PETROBRAS/RPBC/SMS (2004).

**F.5 – Estudos de casos de segurança e Avaliação formal de riscos (*Safety Cases and Formal Safety Assessment*)**

- http://www.mishc.uq.edu.au/publications/Development_of_a_Safety_Case.pdf
- http://www.industry.gov.au/library/content_library/Facility.pdf
- http://www.workcover.vic.gov.au/vwa/home.nsf/pages/so_majhaz_guidance/$File/GN3.pdf
- http://www.hse.gov.uk/railway/criteria/
- http://www.hse.gov.uk/railway/rsc.htm

**F.6 – Registro de risco/perigo (*Risk/hazard register*)**

- http://www.planning.nsw.gov.au/plansforaction/mihaps-docs/mihaps-docs.html (MIHAP paper no 3 Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control)

**F.7 – Critérios de ALARP e SFAP**

- http://www.hse.gov.uk/hid/spc/perm09.htm
- Worksafe Victoria MHAC Agenda Item 1.2.5, 8th August 2001. Available from the Major Hazards Unit of Worksafe Victoria

**F.8 – Aceitabilidade de riscos (*Risk Acceptability*)**

- http://www.iee.org/Policy/Areas/Health/hsb36.pdf
- http://www.workcover.vic.gov.au/vwa/home.nsf/pages/so_majhaz_guidance/$File/GN16.pdf
- http://www.planning.nsw.gov.au/plansforaction/mihaps-docs/mihaps-docs.html
- Paper No 3 Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control Section 7
- NSW Department of Urban Affairs and Planning, 1990. Risk Criteria for Land Use Safety Planning, Hazardous Industries Planning Advisory Paper No 4. ISBN 0 7305 71300. This useful resource is only available as a hardcopy. The publication can be purchased online
- (http://www.planning.nsw.gov.au) or alternatively contact the Department.
- DNV Technica. Risk Assessment Guidelines. Prepared for ACC and the Victorian Government, Project No A1196. Melbourne 1995 (Chapter 6). Available from Health and Safety Organisation, Victoria.

**F.9 – Medidas mitigadoras (*Control Measures*)**

- http://www.workcover.vic.gov.au/vwa/home.nsf/pages/so_majhaz_guidance/$File/GN10.pdf
- http://www.planning.nsw.gov.au/plansforaction/mihaps-docs/mihaps-docs.html MIHAPS Paper No 3 Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control Section 6

**F.10 – Manutenção centrada em confiabilidade (*Reliability Centered Maintenance*)**

- http://www.mishc.uq.edu.au/publications/TR_Hunter_Valley.pdf

**F.11 – Revisão de projeto de *hardware* (*Hardware Design Review*)**

- http://www.hq.nasa.gov/office/codeq/risk/rmt.pdf

**F.12 – Planejamento de Gerenciamento de modificações (*Change Management Planning*)**

- http://www.ncrel.org/sdrs/areas/issues/educatrs/leadrshp/le5spark.htm
- http://www.satc.gsfc.nasa.gov/support/ASM_FEB99/crm_at_nasa.html
- http://www.workcover.vic.gov.au/vwa/home.nsf/pages/so_majhaz_guidance/$File/GN28.pdf
- http://www.workcover.vic.gov.au/vwa/home.nsf/pages/so_maj_haz_interest/$File/Griffiths.pdf

This is the first of a number of papers discussing management of change.

- Centre for Chemical Process Safety, 1989. *Guidelines for Technical Management of Chemical Process Safety*. ISBN No: 0816904235. This useful resource is only available as a hardcopy. The publication can be purchased online (http://www.aiche.org/ccps/products/titledtl.asp?recpt=12&BN=0-8169-0423-5) or alternatively contact the Centre to order the publication.

**F.13 Elaboração de padrões de Procedimentos de operação [(*Drafting Standard Operating Procedures* (SOPs)]**

- http://www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/publications/fa-197.pdf

**F.14 – Avaliação informal de riscos (*Informal Risk Assessment*)**

- http://www.racingsmarter.com/safety_awareness_program.htm
- http://www.passinc.net/components.html

**F.15 – Análise de riscos ou Segurança de tarefas [*Job Safety or Hazard Analysis* (JSA/JHA)]**

- http://www.ccohs.ca/oshanswers/hsprograms/job-haz.html
- http://www.acusafe.com/Hazard_Analysis/OSHA_JSA_3071.pdf
- http://www.inel.gov/procurement/forms-documents/432-58-r4.pdf
- http://www.workcover.vic.gov.au/vwa/home.nsf/pages/so_construction_jsa
- http://www.osha-slc.gov/SLTC/etools/oilandgas/job_safety_analysis_process.html

**F.16 – Análise de barreiras de energia (*Energy Barrier Analysis*)**

- http://www.tis.eh.doe.gov/analysis/trac/29/trac29.html

**F.17 – Análise de conseqüências (*Consequence Analysis*)**

- http://www.sverdrup.com/safety/cause.pdf

**F.18 – Análise preliminary de riscos ou Avaliação de riscos e controle do ambiente de trabalho [*Preliminary Hazard Analysis* (PHA) *or Workplace Risk Assessment and Control* (WRAC)]**

- http://www.sverdrup.com/safety/pha.pdf
- http://www.safeware-eng.com/article.php?story=20030610134516402

### F.19 – Estudos de perigo e operabilidade [*Hazard and Operability Studies* (HAZOP)]

- http://www.pie.che.ufl.edu/guides/hazop
- http://www.mep.tno.nl/wie_we_zijn_eng/organisatie/afdelingen/industriele_veiligheid/productbladen/productblad_IV_HAZOP_eng.html
- http://www.slp.icheme.org/hazops.html
- http://www.acusafe.com/Hazard_Analysis/Hazard_Analysis-HAZOP.htm
- http://www.ipk.ntnu.no/fag/SIO3020/Overheads/hazop6.pdf
- NSW Department of Urban Affairs and Planning, 1995. *Hazard and Operability Studies*, Hazardous Industries Planning Advisory Paper No 8. ISBN 0 7310 3080 X. This useful resource is only available as a hardcopy. The publication can be purchased online (http://www.planning.nsw.gov.au) or alternatively contact the Department to order.

### F.20 – Análise por Árvore de Falhas (*Fault Tree Analysis*)

- http://www.reliability.sandia.gov/Reliability/Fault_Tree_Analysis/fault_tree_analysis.html
- http://www.sverdrup.com/safety/fta.pdf
- http://web2.concordia.ca/Quality/tools/15fta.pdf

### F. 21 – Análise por Árvore de Eventos (*Event Tree Analysis*)

- http://www.sverdrup.com/safety/eventtree.pdf

### F.22 – Análise de Modos de Falha, Efeitos e Criticalidade [*Failure Modes, Effects and Criticality Analysis* (FMECA)]

- http://www.acusafe.com/Hazard_Analysis/Hazard_Analysis-fmea.htm
- http://www.relexsoftware.com/reliability/fmea.asp

### F.23 – Análise do erro humano (*Human Error Analysis*)

- http://www.ida.liu.se/~eriho/WhatIsHRA_M.htm
- http://www.ida.liu.se/~eriho/Publications_O.htm
- Click on "Downloads" and select the following documents:
  - Hollnagel, E., Pedersen, O. M. & Rasmussen, J. (1981) (7.6 MB)
- Notes on Human Performance Analysis
  - Hollnagel, E. (1983) (78 KB)
  - Position paper for NATO Conference on Human Error

### F.24 – Análise de níveis de proteção [*Levels of Protection Analysis* (LOPA)]

- Centre for Chemical Process Safety (CCPS), 2001. *Layer of Protection Analysis: Simplified Process Risk Assessment*, Pub No: G-66, American Institute of Chemical Engineers AIChE, New York, NY. ISBN No: 0-8169-0811-7. The publication can be purchased online

(http://www.aiche.org/pubcat/seadtl.asp?ACT=S&Title=ON&srchText=layer+of+protection+analysis) or alternatively contact the AIChE Customer Service to order the publication.

- M. Dowell and D. C. Hendshot, Rohm and Haas Company, 2002. *Simplified Risk Analysis- Layer of protection Analysis* (LOPA), National Meeting Paper 281a. American Institute of Chemical Engineers AIChE.
- E. M. Marszal and E. W. Scharpf, S*ystematic Safety Integrity Level Selection (with Layer of Protection Analysis)*, ISA Publications. This reference is only available as a hardcopy. The publication can bepurchased online (http://www.isa.org/Template.cfm?Section=Books&Template=/Ecommerce/ProductDisplaycfm&ProductID=4517).

**F.25 – Análise Qualitativa de Riscos (*Qualitative Risk Analysis*)**

- http://www.planning.nsw.gov.au/plansforaction/mihaps-docs/mihaps-docs.html Appendix 2 of MIHAP No 3 Hazard Identification, Risk Assessment and Control. This reference provides a comparison of 10 models including AS/NZS (1999) http://www.workcover.vic.gov.au/vwa/home.nsf/pages/so_majhaz_guidance/$File/GN14_
- MHFR.pdf

**F.26 – Dados de probabilidades de falhas (*Probabilistic Data Sources*)**

- http://www.mishc.uq.edu.au/publications/Databases_for_Equipment_Failure011.pdf

**F.27 – Análise Quantitativa de Riscos (*Quantitative Risk Analysis*)**

- http://www.home1.pacific.net.sg/~thk/quant_r.html - (*Human Error*)
- http://www.mishc.uq.edu.au/publications/Risk_Analysis_Methods_a_Brief_Review.pdf
- http://www.jbfa.com/qratechniques.html
- http://www.sti.nasa.gov/new/prass14.html#TOP
- http://www.yellowbook-rail.org.uk/site/resources/models/yellowbookR1.pdf Complete Quantitative Risk Analysis of London Underground railway including statistics http://www.workcover.vic.gov.au/vwa/home.nsf/pages/so_majhaz_guidance/$File/GN14_
- MHFR.pdf
- *Guidelines for Hazard Evaluation Procedures*; Centre for Chemical Process Safety, 1992

**F.28 – Análise de riscos e de custo x benefício (*Risk / Cost Benefit Analysis*)**

- http://www.sjsu.edu/faculty/watkins/cba.htm
- http://www.workcover.vic.gov.au/vwa/home.nsf/pages/so_majhaz_guidance/$File/GN16.pdf

**F.29 – Facilitadores de processo (*Facilitation Skills)***

- http://www.socialimpact.com/TNFacSkl.html